piezosystemjena
unglaublich präzise

Bedienungsanleitung Digitalsystem d-Drive^{pro}

instruction manual digital system d-Drive^{pro}

Bitte lesen Sie sorgfältig die Bedienungsanleitung vor dem Einschalten des Gerätes. Beachten Sie bitte insbesondere die Sicherheitshinweise!
Die aktuelle Bedienungsanleitung finden Sie auf unserer Webseite:
http://www.piezosystem.de/piezo_nanopositionierung/downloads/technische_informationen/bedienungsanleitungen/

Read carefully before switching on the power! Please see safety instructions for using piezoelectric actuators and power supplies!
The current version of the instruction manual you can find on our website:
http://www.piezosystem.com/piezo_actuator_nanopositioning/downloads_publications/technical_information/user_manuals/

CE

piezosystem jena
unglaublich präzise

Bedienungsanleitung Seite 3 … 41
(deutsch)

instruction manual pages 42 ... 79
(english)

Deutsche Version: Letzte Änderung 13.04.2015 von AS
English version: last change 2015-04-27 by AS

Inhaltsverzeichnis

1	Gegenstand	4
2	Zertifizierung von piezosystem jena GmbH	4
3	Konformitätserklärung	4
4	Lieferumfang	4
5	Allgemeine Hinweise zu Piezoaktoren und Spannungsverstärkern	5
6	Sicherheitshinweise	6
6.1	Installation, Stromanschluss	7
6.2	Betrieb	7
6.3	Pflege und Wartung	8
6.4	Umgebungsbedingungen	8
7	Kurzanleitung, Funktionskontrolle	8
8	Beschreibung des Digitalsystems *d-Drive*^{pro}	9
8.1	Allgemeines	9
8.2	Beschreibung der Funktionsgruppen	10
8.2.1	Bedienelemente	10
8.2.2	Blockschaltbild	11
8.2.3	Digitaler Regler	12
8.2.4	MOD/MON	13
9	Kommunikation	16
9.1	Kommunikation über RS232	16
9.2	Kommunikation über USB-Interface	16
9.3	Kommunikation über Ethernet	16
9.4	Firmware-Update	17
10	Befehlssatz	17
10.1	Befehlssatz im Standby-Betrieb	17
10.2	Befehlssatz im ON-Betrieb	19
10.3	Funktionsgenerator	23
10.3.1	Wobbel-Generator	24
10.3.2	Arbitrary-Generator	25
10.3.3	Vektor-Generator	27
10.4	Ausgabe von Triggersignalen	28
10.4.1	Erweiterte Triggerfunktionen	29
10.4.2	Flankenerkennung	29
10.5	Datenrecorder	31
11	Statusregister	32
12	Konfigurationsregister	33
13	Bedienung	33
14	Reglereinstellung	34
15	Fehlersuche	35
15.1	Fehlerregister	36
15.2	Kommandofehlerregister	36
16	Technische Daten Gesamtsystem	37
17	Anschlussbelegungen	38
18	Wichtige Informationen	40
19	Ihre Notizen	41

1 Gegenstand

Diese Anleitung beschreibt das Digitalsystem ***d-Drive^{pro}*** von ***piezosystem jena GmbH***. Weiterhin finden Sie Sicherheitshinweise beim Umgang mit Piezoelementen.

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Hersteller des Gerätes: ***piezosystem jena GmbH***, Stockholmer Straße 12, 07747 Jena. Tel: (0 36 41) 66 88-0

2 Zertifizierung von piezosystem jena GmbH

Die Firma ***piezosystem jena GmbH*** arbeitet seit 1999 nach einem nach DIN EN ISO 9001 zertifizierten Qualitätsmanagementsystem, dessen Wirksamkeit durch regelmäßige Audits durch den TÜV geprüft und nachgewiesen wird.

Diese Bedienungsanleitung enthält wichtige Informationen für den Betrieb und Umgang mit Piezoaktoren. Bitte nehmen Sie sich die Zeit, diese Informationen zu lesen. Piezopositioniersysteme sind mechanische System von höchster Präzision. Durch den richtigen Umgang stellen Sie sicher, dass das System die geforderte Präzision auch über lange Zeit einhält.

3 Konformitätserklärung

Die Konformitätserklärung finden Sie auf unserer Homepage unter folgender URL:

http://www.piezosystem.de/piezo_nanopositionierung/downloads/technische_informationen/konformitaetserklaerungen/

4 Lieferumfang

Bitte prüfen Sie nach Erhalt die Vollständigkeit der Lieferung, bestehend aus:

- Digitalsystem ***d-Drive^{pro}***
- MOD/MON-Kabel
- Netzkabel
- RS232-Kabel
- USB-Kabel
- Bedienungsanleitung
- CD-ROM mit Treiber, Software und Bedienungsanleitung

5 Allgemeine Hinweise zu Piezoaktoren und Spannungsverstärkern

- Piezoaktoren von ***piezosystem jena*** werden mit Spannungen bis 150V angesteuert. Beachten Sie bitte die Sicherheitsvorschriften beim Umgang mit diesen Spannungen.
- Nach dem Transport von Piezoaktoren sollten sich diese vor dem Einschalten ca. 2h der Raumtemperatur anpassen können.
- Piezoaktoren sind stoß- und schlagempfindlich (Bruchgefahr). Vermeiden Sie auch bei eingebauten Piezoaktoren derartige Einwirkungen. Durch den piezoelektrischen Effekt können bei Stoß- oder Schlageinwirkungen Spannungen erzeugt werden, die zu Überschlägen führen können.
- Piezoaktoren sind mit hohen Druckkräften belastbar. Ohne Vorspannung dürfen sie nicht auf Zug belastet werden. Beachten Sie, dass bei Stoßeinwirkungen (z.B. Herunterfallen) und bei hochdynamischen Anwendungen Beschleunigungen des Keramikmaterials und somit auch Zugkräfte auftreten. Piezoaktoren mit mechanischer Vorspannung können im Rahmen der Vorspannung auf Zug belastet werden.
- Bei Ansteuerung der Aktoren mit einer Spannung im oberen Stellbereich kann bei Abschaltung der Steuerspannung allein durch die noch erfolgende Bewegung der Keramik eine beträchtliche elektrische Gegenspannung erzeugt werden, die zu Überschlägen führen kann.
- Durch strukturbedingte Verlustprozesse innerhalb der Keramik kommt es zu einer Erwärmung beim dynamischen Betrieb. Bei ungenügenden Kühlungsmaßnahmen kann es zu Ausfällen kommen. Eine Erwärmung über der Curietemperatur (übliche Werte ca. 140°C - 250°C) lässt den piezoelektrischen Effekt verschwinden.
- Piezoaktoren können elektrisch als Kondensatoren angesehen werden. Die Entladungszeiten liegen im Bereich von Stunden bis Tagen. Deshalb können auch nach Trennung der Piezoaktoren von der Spannungsversorgung hohe Spannungen anliegen. Bleibt der Aktor mit der Elektronik verbunden, so wird er innerhalb einer Sekunde nach dem Abschalten auf ungefährliche Spannungswerte entladen.
- Piezoaktoren können durch Erwärmung oder Abkühlung und der damit verbundenen Längenänderung eine Spannung an den Anschlüssen erzeugen. Bedingt durch die Eigenkapazität ist das Entladungspotential nicht zu vernachlässigen. Bei üblicher Raumtemperatur ist dieser Effekt unbedeutend.
- Piezoaktoren von ***piezosystem jena*** sind justiert und verklebt. Ein Öffnen der Stellelemente führt zur Dejustage. Eine Beschädigung des inneren Aufbaus ist dabei nicht auszuschließen. Dieses kann zur Funktionsunfähigkeit führen. Geräte von ***piezosystem jena*** dürfen deshalb nicht geöffnet werden. Ein Öffnen führt zum Garantieverlust!
- Verwenden Sie nur mitgelieferte Kabel und Verlängerungen. So können Geräteausfälle durch eventuell falsche Verbindungen verhindert werden.
- Bei Problemen wenden Sie sich bitte an ***piezosystem jena*** oder an den jeweiligen Händler. Die für die jeweiligen Länder verantwortlichen Repräsentanten finden Sie auf unserer Webseite www.piezosystem.de/ unter der Rubrik Unternehmen/weltweit.

Achtung! Trotz mechanischer Vorspannung können Stoßkräfte (z.B. Fallenlassen oder Anstoßen) zu einer Beschädigung des eingebauten Keramikelementes führen. Bei Beschädigungen des Piezoaktors aufgrund derartiger Einwirkungen können wir keine Garantie übernehmen. Bitte gehen Sie deshalb sehr sorgfältig mit Ihrem Piezoaktor um.

6 Sicherheitshinweise

Symbole:

GEFAHR! Dieses Symbol weist auf die Gefahr von Elektrounfällen hin. Damit verbundene Warnhinweise sind unbedingt zu beachten.

ACHTUNG! Dieses Symbol weist auf zu beachtende Anweisungen in der Bedienungsanleitung hin, die zusätzliche Hinweise zur Bedienung und Warnung enthalten.

GEFAHR

- Öffnen Sie das Gerät in keinem Fall! Im Inneren des Gerätes befinden sich keine Teile, die vom Benutzer selbst gewartet werden können. Das Öffnen oder Entfernen der Abdeckungen könnte einen elektrischen Schlag verursachen oder zu anderen gefährlichen Situationen führen. Reparaturarbeiten dürfen nur von qualifiziertem technischen Personal durchgeführt werden.
- Vermeiden Sie das Eindringen von Flüssigkeiten in die Geräte! Diese können zu einem elektrischen Schlag, Brand oder Fehlfunktionen des Gerätes führen.

ACHTUNG

- Achten Sie auf ausreichende Belüftung der Steuerelektronik. Lüftungsschlitze dürfen nicht blockiert werden. Die Geräte sollten nicht in unmittelbarer Nähe von Wärmequellen (z.B. Heizung, Ofen usw.) aufgestellt werden.
- Betreiben Sie die Geräte von ***piezosystem jena*** nur in sauberer und trockener Umgebung. Nur dafür speziell vorgesehene Geräte und Piezoelemente dürfen unter abweichenden Umgebungsbedingungen betrieben werden.
- ***piezosystem jena*** übernimmt keine Garantie bei Fehlfunktionen durch fremdes Zubehör. Besonders geregelte Systeme sind nur in dem von ***piezosystem jena*** ausgelieferten Zustand voll funktionstüchtig. Das Verwenden zusätzlicher Kabel oder abweichender Stecker verändert die Kalibrierung und andere spezifizierte Daten. Dieses kann bis zur Fehlfunktion der Geräte führen.
- Piezoelemente sind empfindliche Präzisionsgeräte von großem Wert. Bitte behandeln Sie die Geräte dementsprechend. Achten Sie auf einen mechanisch saubere Befestigung der Piezoelemente, ausschließlich an den dafür vorgesehenen Befestigungsstellen!

Unter den nachfolgend aufgeführten Umständen müssen die Geräte sofort vom Netz getrennt und ein Servicetechniker konsultiert werden:

- beschädigte Kabel (z.B. Netzkabel)
- Flüssigkeiten sind in das Gerät gelangt
- das Gerät war Regen ausgesetzt oder ist mit Wasser in Berührung gekommen
- das Gerät funktioniert bei Bedienung entsprechend der Bedienungsanleitung nicht ordnungsgemäß

6.1 Installation, Stromanschluss

GEFAHR

- Greifen Sie niemals mit nassen Händen an den Netzstecker. Es besteht die Gefahr eines elektrischen Schlages.
- Nicht in Räumen installieren, in denen leicht entzündliche Substanzen gelagert werden. Kommen leicht entzündliche Substanzen mit elektrischen Bauteilen in Kontakt, besteht die Gefahr von Feuer oder einem elektrischen Schlag.
- Nehmen Sie keine Veränderungen am Netzkabel vor. Stellen Sie keine schweren Gegenstände auf das Netzkabel und verlegen Sie es so, dass es nicht übermäßig gespannt oder geknickt ist. Das Netzkabel könnte sonst beschädigt werden, und es besteht die Gefahr eines elektrischen Schlages bzw. Brandgefahr.
- Ziehen Sie niemals am Kabel, um den Netzstecker zu ziehen. Dadurch könnte das Netzkabel beschädigt werden und es besteht die Gefahr eines elektrischen Schlages oder Brandgefahr.

ACHTUNG

- Verwenden Sie nur das mitgelieferte Zubehör. Stecken Sie die Netzkabel ausschließlich in Schutzleitersteckdosen.
- Stellen Sie das Gerät niemals an einem Platz auf, an dem das Netzkabel beschädigt oder zur Stolperfalle werden kann. Stellen Sie niemals Geräte auf das Netzkabel.
- Stellen Sie das Gerät so auf, dass die Lüftungsschlitze nicht blockiert werden und eine ausreichende Belüftung der Steuerelektronik gewährleistet wird.
- Stecken Sie den Netzstecker vollständig in die Schutzleitersteckdose, damit es sich nicht versehentlich lösen kann.
- Halten Sie den Netzstecker immer frei zugänglich, damit er im Notfall gezogen werden kann.
- Stellen Sie das System so auf, dass der Schalter ohne Probleme betätigt werden kann.
- Der Netzstecker ist die Trennstelle vom Versorgungsnetz

6.2 Betrieb

Warnung

- Öffnen Sie das Gerät in keinem Fall! Im Inneren des Gerätes befinden sich keine Teile, die vom Benutzer selbst gewartet werden können. Das Öffnen oder Entfernen der Abdeckungen könnte einen elektrischen Schlag verursachen oder zu anderen gefährlichen Situationen führen. Reparaturarbeiten dürfen nur von qualifiziertem technischen Personal durchgeführt werden.
- Achten Sie darauf, dass kein Wasser oder entflammbare Flüssigkeiten ins Innere des Gerätes gelangen. Kommen elektrische Bauteile mit diesen Substanzen in Kontakt besteht Feuergefahr und die Gefahr eines elektrischen Schlages.

ACHTUNG

- Falls Sie Rauchentwicklung, starke Hitze oder einen ungewöhnlichen Geruch am Gerät feststellen, schalten Sie es bitte sofort aus und ziehen Sie den Netzstecker. Nehmen Sie mit unseren technischen Service Kontakt auf.

6.3 Pflege und Wartung

ACHTUNG ⚠

- Schalten Sie das Gerät immer aus und ziehen Sie den Netzstecker, bevor Sie das äußere Gehäuse reinigen.
- Verwenden Sie zum Reinigen ein gut ausgewrungenes Tuch. Verwenden Sie niemals Alkohol, Benzin, Verdünner oder andere leicht entflammbare Substanzen. Ansonsten besteht Feuergefahr oder die Gefahr eines elektrischen Schlages.

6.4 Umgebungsbedingungen

Das Gerät ist unter folgenden Umgebungsbedingungen einsetzbar:

- Verwendung nur in Innenräumen
- bei einer Höhe bis zu 2000 m
- Temperaturbereich: 5 ... 35 °C
- relative Luftfeuchte: 5 ... 95% (nicht kondensierend)

Die empfohlenen Einsatzbedingungen sind:

- Verwendung nur in Innenräumen
- bei einer Höhe bis zu 2000 m
- Temperaturbereich: 20...22 °C
- relative Luftfeuchte: 5 ... 80% (nicht kondensierend)

7 Kurzanleitung, Funktionskontrolle

Bitte überprüfen Sie die Lieferung auf Vollständigkeit (siehe Packliste) und auf Unversehrtheit aller angegebenen Lieferpositionen.

Sichtprüfung Aktor und Digitalsystem:

- Kopf- und Deckplatte des Aktors (wenn vorhanden) müssen parallel zueinander stehen
- keine Kratzer auf Grund- und Deckplatte
- Bitte informieren Sie ***piezosystem jena*** sofort bei Beschädigungen des Systems.
- Bitte lassen Sie sich Transportschäden vom Lieferanten (Paketdienst o.ä.) bestätigen.
- Netzschalter ist ausgeschaltet, vorhandene Betriebsspannung ist mit der am Gerät angegebenen identisch
- Schließen Sie die Stromversorgung an.
- Schließen Sie das Piezoelement an den 15 pol. DSUB-Stecker „PIEZO“ an.
- Schalten Sie das Gerät am Netzschalter ein, der sich an der Rückseite befindet. Das Gerät bootet, solange die Status-LED orange leuchtet. Erlischt die LED, befindet sich das Gerät im Standby-Betrieb. Der „POWER“-Taster an der Frontplatte blinkt grün.
- Schalten Sie das Gerät mit Hilfe des Tasters „POWER“ an der Frontplatte vom Standby- in den ON-Betrieb. Es erfolgt ein kurzer Selbsttest des Gerätes. In dieser Zeit leuchtet die Status-LED wieder orange. Danach wechselt die Status-LED zu grün. Jetzt ist das ***d-Drive^{pro}*** betriebsbereit.
- An dem Kanal, an dem ein Aktor angeschlossen ist, blinkt die gelbe Leuchtdiode „OL/CL“. Nach ca. 3s leuchtet die Leuchtdiode dauerhaft grün und der Verstärker ist funktionsbereit.
- Ist ein Aktor mit Messsystem angeschlossen, können Sie die Regelung durch Druck auf den „OL/CL“-Taster einschalten. Die Leuchtdiode des jeweiligen Kanals leuchtet dann gelb.

- Schalten Sie das Gerät in den Standby-Modus, indem Sie die „POWER“-Taste länger als 1s gedrückt halten.
- Sollte das Gerät über längere Zeit (länger als 1 Tag) nicht betrieben werden, ist der Netzschalter an der Rückseite des Gerätes auszuschalten.
- Die Funktionskontrolle ist hiermit abgeschlossen.
- Sollten während der Funktionskontrolle Unstimmigkeiten auftreten, lesen Sie bitte in der Rubrik 15 Fehlersuche.

8 Beschreibung des Digitalsystems *d-Drive^{pro}*

8.1 Allgemeines

Die digitale Steuerelektronik ***d-Drive^{pro}*** in Kombination mit den hochauflösenden piezoelektrischen Antriebs- und Positioniersystemen ermöglicht die vollständig digitale Realisierung hochpräziser Positionieraufgaben. Sie wurde vor allem für 3-kanalige Feinpositionieraufgaben entwickelt. Dank eines schnellen Digitalen Signal Prozessors (DSP) und dem hohen Bedienkomfort setzt ***d-Drive^{pro}*** neue Maßstäbe. Alle Parameter können über PC ferngesteuert und abgefragt werden. Dafür steht eine große Auswahl an Schnittstellen zur Verfügung.

d-Drive^{pro} ermöglicht weiterhin die getrennte Austauschbarkeit von Aktor und Steuerelektronik. Alle relevanten Daten sind eigenständig auf dem ID-Chip des Aktors gespeichert und werden an den jeweiligen Verstärker übergeben. So ist es möglich, einen kalibrierten Aktor von ***piezosystem jena*** wahlweise in verschiedenen Systemen einzusetzen.

Eine Vielzahl weiterer hilfreicher Features ist implementiert. So sind standardmäßig ein Notch-Filter und Tiefpassfilter sowie eine Anstiegsbegrenzung (slew rate) des Eingangssignals frei programmierbar. Ein integrierter Funktionsgenerator ermöglicht Sinus-, Rechteck- und Dreieck-Signalsteuerung sowie eine Rausch- und Wobbelfunktion zur Frequenzanalyse. Neu sind der freiprogrammierbare Arbitrary- und der Vektorgenerator. In diesem Zusammenhang wurde eine SD-Card eingebaut, auf der selbst erzeugte Arbitrary- und Vektordateien abgespeichert werden können.

In Verbindung mit dem umfangreichen Funktionsgenerator ist eine Vielzahl von Triggerausgaben für eine externe Prozesstriggerung möglich. Perfekte Unterstützung bei der Erfassung der Resonazfrequenzen des Gesamtsystems gibt der neu gestaltete Wobbel-Funktionsgenerator.

Die fest eingebaute SD-Card verhält sich beim Verbinden des USB-Anschlusses mit einem PC wie ein Wechseldatenträger. Auf ihm sind Beispieldateien für den Arbitrary- und Vektorgenerator hinterlegt. Weiterhin sind die Bedienungsanleitung und der USB-Treiber darauf gespeichert.

All diese Funktionen und die 24bit Auflösung mit 50kSa Abtastrate (50kHz Samplefrequenz) prädestinieren das ***d-Drive^{pro}*** besonders für Nanopositionierung im Bereich von Mehrachsen-Scan-Anwendungen, Oberflächen– und Strukturanalysen, Mikroskopie und Halbleiterindustrie. Durch die parallele Verarbeitung der Wandlerdaten ist das Gerät besonders gut geeignet zur synchronen Ansteuerung von 3-Achsen-Systemen.

8.2 Beschreibung der Funktionsgruppen

Das ***d-Drive***^{pro} besteht aus folgenden Funktionsgruppen:
Für die Verarbeitung von analogen Signalen, wie dem Messsystem oder dem Modulationseingang stehen 18bit (optional 20bit) AD-Wandler zur Verfügung. Durch die schnelle Verarbeitung der digitalen Signale mittels FPGA (Field Programmable Gate Array) kann ein Oversampling von 24bit mit einer Samplingrate von 50kSa erreicht werden. Die Verarbeitung der digitalen Werte erfolgt in einem schnellen DSP (Digitaler Signal Prozessor). Hier werden die Daten aufbereitet (filtern, skalieren) und einem PID-Regler zugeführt, der den Soll-Istwert-Vergleich macht. Weiterhin wird hier der umfangreich ausgestatte Funktionsgenerator erzeugt. Der errechnete Reglerausgangswert wird über einen 18bit DA-Wandler wieder in eine Spannung zurück gewandelt und der Leistungsendstufe zugeführt. Die Endstufe besteht aus 2 Kanälen, dem normalen Ausgang für nicht-nanoX-Aktoren und dem nanoX-Ausgang (inverser Betrieb) für nanoX-Aktoren.
Die Aktorausgangsspannung wird an der Frontplatte über Sicherheitsrelais an den 15pol. DSUB-Stecker ausgegeben. Für nanoX-Aktoren stehen 2x 60mA Ladestrom zur Verfügung, für nicht-nanoX-Aktoren 120mA. Optional kann ein Kanal 2x 150mA / 300mA liefern. Die beiden anderen Kanäle können dann je 120mA liefern. Zu beachten ist, dass in dieser Konfiguration der Gesamtstrom von 360mA nicht dauerhaft überschritten wird.
Der angeschlossene Aktor hat einen ID-Chip, der vom Hauptcontroller ausgelesen wird und die dort abgespeicherten Parameter dem DSP zugeführt werden. Bei geregelten Aktoren wird zusätzlich das gewonnene Sensorsignal des Messsystems über diesen Stecker übertragen und zum AD-Wandler geleitet (siehe oben).
Der Hauptcontroller steuert alle Baugruppen und überwacht das Kundeninterface.
Ein intelligentes Netzteil erzeugt alle im System benötigten Spannungen und schaltet sie sequenziell zu bzw. ab.

8.2.1 Bedienelemente

In der folgenden Abbildung sind die Bedienelemente des ***d-Drive***^{pro} dargestellt:

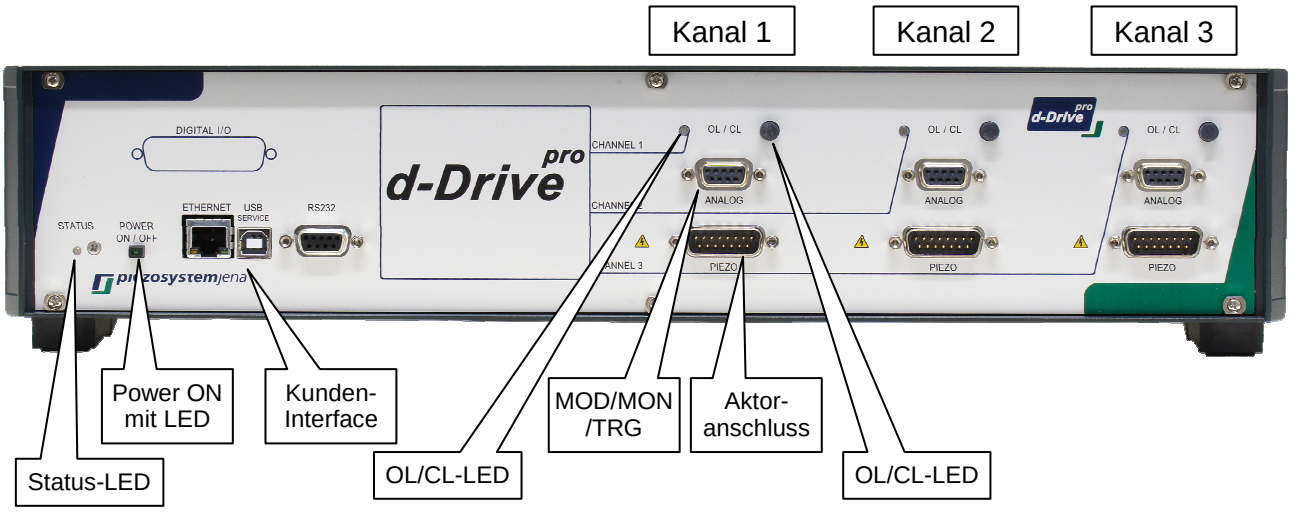
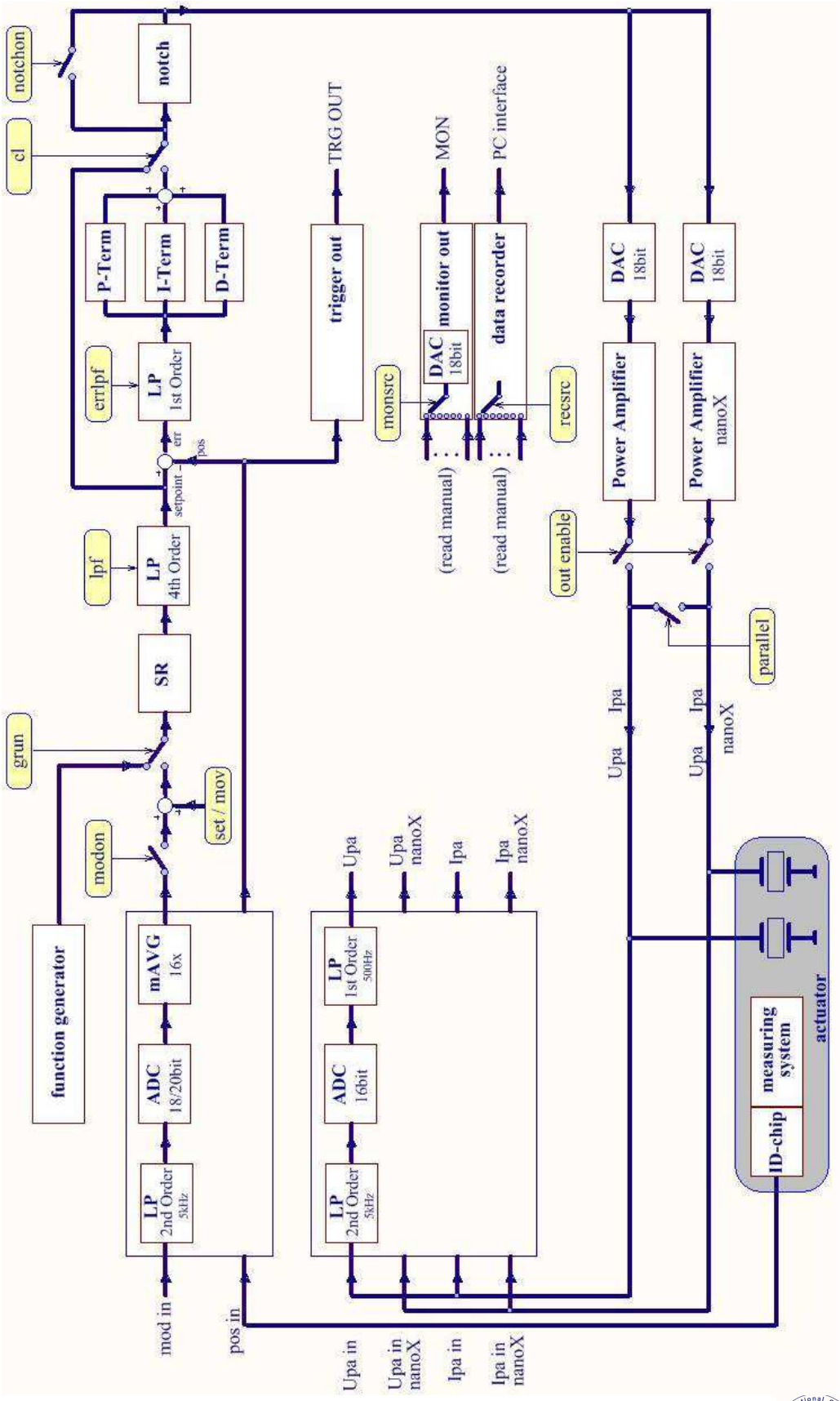


Abbildung 1: Bedienelemente

8.2.2 Blockschaltbild

Im folgenden Blockschaltbild sind die Funktionsgruppen des ***d-Drive***^{pro} zusammengefasst:



8.2.3 Digitaler Regler

Der Sollwert für den Digitalregler setzt sich aus der Addition von analogem Modulationssignal und dem über den Befehlssatz vorgegebenen Digitalwert zusammen und stellt diesen Wert dem Digitalen Signal Prozessor (DSP) als Führungsgröße zur Verfügung. Die Anstiegsgeschwindigkeit kann wahlweise durch eine einstellbare „slew rate“ Begrenzung oder durch einen Tiefpassfilter 4. Ordnung auf das jeweilige Gesamtsystem optimal angepasst werden. Das bedeutet: Frequenzen, die das System in der Resonanz anregen könnten, werden schon vor der eigentlichen Regelung unterdrückt. Der Regler errechnet die Regelabweichung (err) zwischen Sollwert und dem Positionswert des Wegmesssystems.

err = setpoint – pos	setpoint = Sollwert pos = Positionswert des Messsystems err = Regelabweichung

Der Proportional-Anteil (P-Term) verstärkt den Fehlerwert frequenzunabhängig und steuert damit das Stellglied so lange, bis sich der Positionswert dem vorgegebenen Sollwert angleicht:

yp = kp * err	kp = einstellbare Proportionalverstärkung yp = Ausgangsspannung des P-Anteiles

Der Nachteil eines reinen P-Reglers ist, dass er Positionsänderungen nicht vollständig ausregelt und somit eine bleibende Regelabweichung hinterlässt.

Durch Überlagerung eines Integral-Anteiles (I-Term) entsteht ein PI-Regler. Gegenüber dem P-Regler wird die bleibende Regelabweichung beseitigt. Die charakteristische Kenngröße des I-Anteiles ist die Nachstellzeit ki. Das ist die Zeit, die der I-Anteil bei einer sprunghaften Änderung der Regelabweichung benötigt, um das Stellglied in die vorgegebene Position zu bringen. Die Eingabe großer Werte von ki ergeben kleine Nachstellzeiten und damit kürzere Regelzeiten.

yi = 1/ki * err *Ts	Ts = 1/Samplefrequenz (50kHz) 1/ki * Ts = Nachstellzeit 1/ki = einstellbarer Faktor der Nachstellzeit yi = Ausgangsspannung des I-Anteiles

Um die Reaktionsgeschwindigkeit eines PI-Reglers zu erhöhen, kann ein D-Regler zugeschaltet werden. Der Differential-Anteil (D-Term) erzeugt ein Signal, das der Änderungsgeschwindigkeit des Fehlerwertes proportional ist, d. h. die Reaktionsstärke richtet sich nach der Geschwindigkeit der Regelabweichung. In der Praxis wirkt sich der D-Anteil als Verminderung der höherfrequenten Schwingungsanteile auf der Einschwingkurve aus.

yd = kd * 1/Ts * (err - err[n-1])	err[n-1] = Fehlerwert vorheriges Sample kd*1/Ts = 1/Vorhaltezeit kd = einstellbarer Faktor yd = Ausgangsspannung des D-Anteiles

Beim Einsatz eines D-Anteiles besteht jedoch die Gefahr, dass kleine durch stochastische Störungen (z.B. Rauschen) bedingte Änderungen der Regelabweichung eine zu starke Reaktion der Stellgröße hervorrufen.

Die Summe dieser drei Terme ergibt die Eigenschaften eines PID-Reglers. Das erzeugte Signal wird als Stellgröße der Leistungsendstufe zugeführt, welche den Piezoaktor steuert.

y = yp + yi + yd	y = Ausgangsspannung des PID-Reglers

Im ungeregelten Betrieb (OL) wird der PID-Regler überbrückt, d.h. der Sollwert wird als Stellgröße ausgegeben.

Die Reaktionen der beschriebenen Reglerkomponenten sind in folgendem Diagramm dargestellt:

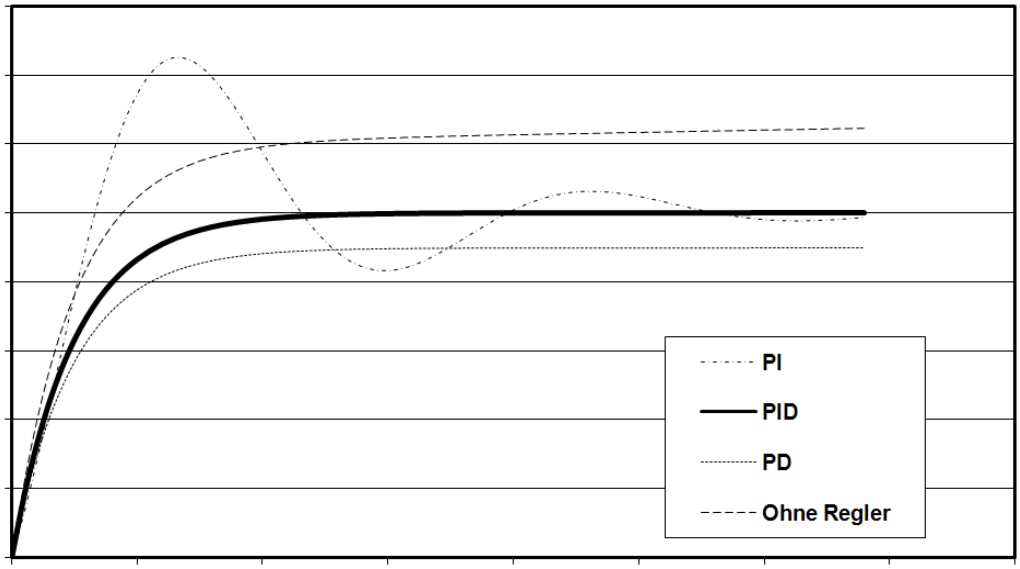


Abbildung 3: Übertragungsfunktion

Ein besonderes Feature ist ein Kerbfilter (notch filter), der direkt vor die Endstufe geschaltet werden kann. Dieser hat die Eigenschaft, die Hauptresonanzfrequenz des Gesamtsystems stark zu bedämpfen. Das bedeutet im geregelten Zustand, dass Störungen von außen den Regelkreis nicht zum Eigenschwingen bringen können. Im ungeregelten Betrieb wird die Frequenz ausgeblendet, die den Aktor zum Schwingen anregen könnte. Die Kerbfrequenz und die Bandbreite können frei eingestellt werden. Bei Verwendung des Kerbfilters kann ein erhöhtes Positionsrauschen auftreten. Die reglerspezifischen Kennwerte kp, ki, kd sowie die Anstiegsgeschwindigkeit und die Kerbfiltereigenschaften sind im ID-Chip des Aktors standardmäßig voreingestellt. Diese sind aber meist keine optimalen Einstellungen, da sich mit dem kundenspezifischen Anbau und zusätzlich aufgebrachter Masse die dynamische Charakteristik des Aktors ändert.

8.2.4 MOD/MON

Modulationseingang: MOD

Die Position des Aktors kann über diesen Eingang analog gesteuert werden. Das Modulationssignal muss im Bereich von 0 bis +10V liegen. Außerdem erfolgt eine Addition der an der MOD-Buchse angelegten Spannung mit dem digital vorgegebenen Sollwert (*set, mov*). Bei Nichtbenutzung des analogen Modulationseingangs sollte dieser abgeschaltet werden (*modon,Kanal,0* siehe 10.2 Befehlssatz im ON-Betrieb). Externe Störungen und Einstreuungen können somit vermieden werden.
! Im Modus „Funktionsgenerator“ ist der Modulationseingang permanent abgeschaltet !

Monitorausgang: MON

An diesem Ausgang können über ein Steuerkommando mit entsprechendem Parameter eine Vielzahl von Systemsignalen im Spannungsbereich von 0...+10V ausgegeben und z. B. über ein Oszilloskop kontrolliert werden. Das ist besonders bei dynamischer Ansteuerung empfehlenswert.

Befehl	Parameter	int. Variable
monsrc	0 = Positionswert im geregelten Betrieb	Upos[CL]
	1 = Sollwert	Usoll
	2 = Reglerausgangsspannung	Ustell
	3 = Regelabweichung mit Vorzeichen	Uerr
	4 = Betrag der Regelabweichung	Uerrabs
	5 = Positionswert im ungeregelten Betrieb	Upos[OL]
	6 = Aktorspannung	Upa1
	7 = Aktorstrom	Ipa1
	8 = Aktorspannung NanoX-Ausgang	Upa2
	9 = Aktorstrom NanoX-Ausgang	Ipa2

Tabelle 1: Monitor Source

! Bitte beachten Sie den Innenwiderstand des Monitorausgangs. Die elektrischen Eigenschaften sind in Abschnitt 16 Technische Daten Gesamtsystem aufgeführt !

0; Upos[CL] Der Positionswert des Messsystems im geregelten Betrieb hängt vom jeweiligen Aktor ab, d.h. ein Aktor mit einem kalibrierten geregelten Hub von 80µm erzeugt an diesem Ausgang eine Spannung von 0...+10V.

1; Usoll Der Sollwert, der aus der Addition von Modulation, Offset und digitaler Vorgabe entsteht, wird 1:1 ausgegeben.

2; Ustell Die Reglerausgangsspannung (Steuerspannung für die Endstufe) wird 1:1 ausgegeben.

3; Uerr Die Regelabweichung mit Vorzeichen, d. h. der Vergleich zwischen Soll- und Positionswert kann positiv bzw. negativ sein.

Uerr = Usoll – Upos

Usoll = 0V...+10V
Upos = 0V...+10V
Uerr = -10V...+10V

Da nur Spannungen im Bereich von 0...+10V ausgegeben werden können, wird die Regelabweichung halbiert und um +5V angehoben. Die Regelabweichung kann wie folgt aus der gemessenen Monitorspannung rückgerechnet werden:

Uerr = (Umon – 5V) * 2

Uerr = -10V...+10V
Umon = 0V...+10V

Im ausgeregelten Fall liegen +5V an.
Bei maximalem positiven Fehler +10V (bei einem Sollwertsprung Usoll von 0 auf +10V) ist im Zeitpunkt t=0 Upos noch 0V -> Uerr = 10V -> Umon = +10V. Bei maximalem negativen Fehler 0V (bei einem Sollwertsprung Usoll von +10V auf 0V) ist im Zeitpunkt t = 0 Upos noch 10V -> Uerr = -10V -> Umon = 0V.

4; Uerrabs Der Betrag der Regelabweichung ist interessant für Kunden, die zeitgenau wissen wollen, wann eine bestimmte Schwelle der Regelabweichung unterschritten ist. +10V ist entweder der maximale positive oder der maximale negative Fehler. Bei 0V ist die Regelabweichung = 0

5; Upos[OL] Im Gegensatz zum geregelten Betrieb, wo der Nullpunkt des Aktorhubes auf den Positionswert = 0V kalibriert ist, liegt die minimale Dehnung im ungeregelten Betrieb (OL) unter 0V (siehe unten). Damit diese Position und der max. ungeregelte Hub im Bereich von 0...+10V dargestellt werden kann, wird der Positionswert halbiert und um +2,5V angehoben. Der ungeregelte Positionswert kann wie folgt aus der gemessenen Monitorspannung rückgerechnet werden:

Upos[OL] = (Umon – 2,5V) * 2

6; Upa1 Hier wird die direkt gemessene Aktorspannung (Ausgang Endstufe1) ausgegeben. Diese ist im Gegensatz zur Reglerausgangsspannung im Punkt (2) von der Dynamik der Endstufe und der Aktorkapazität abhängig. -20V...+130V entsprechen 0...+10V Monitorspannung. Die Aktorspannung kann wie folgt aus der gemessenen Monitorspannung rückgerechnet werden:

Uaktor = (Umon * 15) – 20V

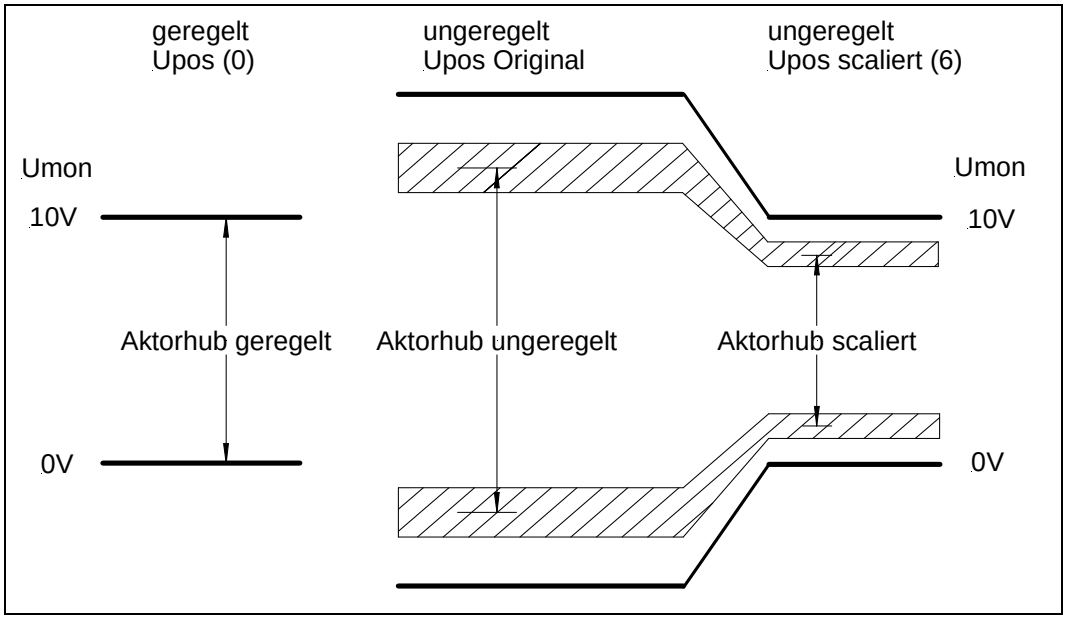


Abbildung 4: open loop / closed loop

7; Ipa1 Hier wird der direkt gemessene Aktorstrom (Ausgang Endstufe1) ausgegeben. -500…+500mA entsprechen 0V...+10V Monitorspannung.

8; Upa2 Hier wird die direkt gemessene Aktorspannung (Ausgang nanoX-Endstufe) ausgegeben (siehe Punkt 6)

9; Ipa2 Hier wird der direkt gemessene Aktorstrom (Ausgang nanoX-Endstufe) ausgegeben (siehe Punkt 7).

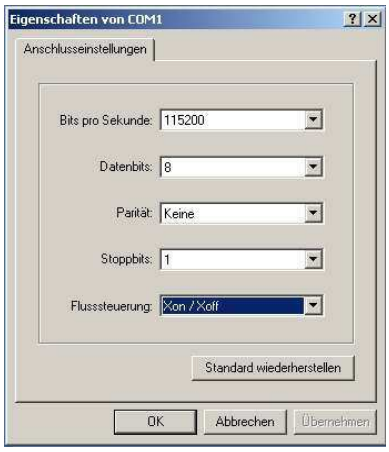
Werksseitig ist der Monitorausgang auf den *Positionswert des Messsystems im geregelten Betrieb* eingestellt (Punkt 0).

9 Kommunikation

9.1 Kommunikation über RS232

Die Kommunikation mit dem ***d-Drive^{pro}*** kann über den PC mit Hilfe eines beliebigen Terminalprogramms hergestellt werden.

Notwendig ist ein serielles Verbindungskabel 1:1 (mitgeliefert) zwischen der COM Schnittstelle des PC und dem DSUB-Eingang des Gerätes. Die Eigenschaften der Verbindung sind wie folgt einzustellen:



115200 Baud, 8 Bit, keine Parität, 1 Stoppbit, keine Flusssteuerung

Die Befehlseingabe und die Rückmeldungen erfolgen im ASCII-Code, sind also einfach einzugeben bzw. zu lesen.

9.2 Kommunikation über USB-Interface

Zum Betrieb des Gerätes werden zwei Treiber benötigt, ein Treiber stellt die USB-Verbindung zwischen Digitalsystem und PC her, der zweite Treiber ermöglicht dem Anwender den einfachen Zugriff auf das Gerät über eine serielle (COM) Schnittstelle.

Hilfe bei der Installation der Treiber gibt das Dokument „Installation USB d-DrivePro.pdf“. Dieses finden Sie auf unserer Webseite:

http://www.piezosystem.de/piezo_nanopositionierung/downloads/technische_informationen/treiber_und_software/

9.3 Kommunikation über Ethernet

Um TCP/IP verwenden zu können, müssen verschiedene Parameter eingestellt werden. Dies ist im Standby- und On-Betrieb möglich. Notwendig ist eine RS232- bzw. USB-Verbindung mit dem Host-PC. Der Verbindungsaufbau ist in den Abschnitten 9.1 und 9.2 beschrieben.

Folgende Parameter sind voreingestellt (default):

- IP-Adresse: 192.168.010.050
- Sub-Mask: 255.255.255.000
- Port: 9000
- Gateway: 000.000.000.000

Um die Kommunikation zum Kundennetzwerk herzustellen, müssen eventuell diese Parameter geändert werden. Ein Weg wäre den DHCP einzuschalten. Dazu muss aber gewährleistet sein, dass das angeschlossene Netzwerk einen aktiven DHCP-Server besitzt.
Falls kein Server aktiv ist bzw. ein PC direkt über Ethernet angeschlossen ist, sind die Parameter über u.g. Befehle einzustellen (ipaddr, submask, port, gwaddr siehe 10 Befehlssatz).
Für weitere Fragen zur TCP/IP-Installation wenden Sie sich bitte an Ihren Netzwerkadministrator.

9.4 Firmware-Update

Da ***piezosystem jena*** ihre Geräte ständig weiterentwickelt und auf Kundenwünsche eingeht, gibt es von Zeit zu Zeit Firmware-Updates, die Sie auf unserer Webseite downloaden können. Zuerst läd man das ***SeviceTool*** herunter und installiert es. Nach dem Start verbindet man sich mit dem ***d-Drive^{pro}*** über eine der Schnittstellen. Mit dem Reiter „FW-Update“ aktiviert man eine automatische Aktualisierung der Firmware Ihres ***d-Drive^{pro}***. Eine Hilfedatei unterstützt Sie bei der Auswahl.

10 Befehlssatz

Es gibt zwei Gruppen von Befehlen.

Globale Befehle beziehen sich auf die Eigenschaften des Gesamtgerätes. Sie bestehen aus dem <Befehl> und einem eventuellen <Wert> getrennt durch Komma und abgeschlossen durch *Enter*.
Den aktuell eingestellten Wert kann man durch Eingabe des <Befehls> gefolgt von *Enter* auslesen.

Verstärkerkanal-bezogene Befehle beziehen sich auf die Parameter der einzelnen Verstärkerkanäle 1 bis 3. Sie bestehen aus dem <Befehl>, dem <Kanal>, einem <Wert>. Die Trennung erfolgt durch Komma und der Abschluss durch *Enter*.
Den aktuell eingestellten Wert kann man durch Eingabe des <Befehls> und des Kanals durch Komma getrennt, gefolgt von *Enter* auslesen.

10.1 Befehlssatz im Standby-Betrieb

Um das Gerät vom ausgeschalten Zustand (alle LED‘s an der Frontplatte sind aus) in den Standby-Betrieb zu versetzen, schließen Sie bitte die Stromversorgung an und schalten den Netzschalter ein, der sich an der Rückseite befindet. Das Gerät bootet, solange die Status-LED orange leuchtet. Erlischt die LED, befindet sich das Gerät im Standby-Betrieb. Die LED der „POWER“-Taste an der Frontplatte blinkt grün. In diesem Zustand kann das ***d-Drive^{pro}*** Befehle über eine ausgewählte Schnittstelle empfangen. Eine Auswahl der möglichen Befehle ist in der folgenden Tabelle 2 dargelegt.

Globale Befehle: <Befehl>,<Wert> *Enter*

<Befehl> *Enter* ohne Werteingabe gibt den aktuell eingestellten Wert aus.

! Parametertrenner ist immer ein Komma, Dezimalpunkt ist immer ein Punkt !

Befehl	**Beschreibung**	**Wertebereich**	**lesen/ schreib.**
s	zeigt alle verfügbaren Befehle an		l

onoff	schaltet das Gerät ein/aus (aus=Standby)	0 – aus (Standby) 1 – ein	s
cinit	globales Reset	nach Reset ist Gerät im Standby	s
error	Fehler abfragen	Fehlerregister 8bit	l
cerror	Kommandofehler abfragen	Kommandofehlerregister 16bit Zahlenformat siehe ***ssedh***	l
status	zeigt den Status aller Verstärkermodule an	Statusregister 32bit Zahlenformat siehe ***ssedh***	l
config	zeigt die Konfiguration des Gerätes an	Konfigurationsregister 16bit	l
ipaddr	IP-Adresse bei Netzwerk-Benutzung	000.000.000.000…255.255.255.255 (default: 192.168.010.050)	l/s
submask	Subnetmaske bei Netzwerk-Benutzung	000.000.000.000…255.255.255.255 (default: 255.255.255.000)	l/s
port	Portaddresse bei Netzwerk-Benutzung	0…9999 (default: 9000)	l/s
gwaddr	Gateway-Adresse bei Netzwerk-Benutzung	000.000.000.000…255.255.255.255 (default: 000.000.000.000)	l/s
dhcp	schaltet DHCP ein/aus	0 – aus (default: 0) 1 – ein	l/s
hostname	nur in Verbindung mit DHCP aktiv	max. 32 Zeichen	l/s
datetime	Datum und Uhrzeit setzen	DE: TT.MM.JJJJ,hh:mm:ss US: MM/DD/YYYY, hh:mm:ss	l/s
date	Datum setzen	DE: TT.MM.JJJJ US: MM/DD/YYYY	l/s
time	Uhrzeit setzen	DE: hh:mm:ss US: hh:mm:ss	l/s
s_prompt	Prompt anzeigen bei leerem Kommando (*Enter*)	***s_prompt***,RS232,USB,TCP 0 – aus 1 – ein	l/s
s_okmsg	Kommando-Quitung „OK“ anzeigen (RS232,USB,TCP)	***s_okmsg***,RS232,USB,TCP 0 – aus 1 – ein	l/s
s_status	Automatische Statusausgabe (RS232,USB,TCP)	***s_status***,RS232,USB,TCP 0 – aus 1 – ein	l/s
s_error	Automatische Fehler-Ausgabe (RS232,USB,TCP)	***s_error***,RS232,USB,TCP 0 – aus 1 – ein	l/s
s_cmderr	Automatische Kommandofehler-Ausgabe (RS232,USB,TCP)	***s_cmderr***,RS232,USB,TCP 0 – aus 1 – ein	l/s
s_usb	USB-Prompt	max. 8 Zeichen (default: USB)	l/s
s_rs2	RS232-Promt	max. 8 Zeichen (default: RS2)	l/s
s_tcp	Telnet-Prompt	max. 8 Zeichen (default: TCP)	l/s
setg	Umschaltung zwischen Gleitpunkt und wissenschaftlichem Format (config=8)	0 – Gleitkomma (default: 0) 1 – wissenschaftlich	l/s
apon	schaltet Auto-Power-On ein/aus (config=16)	0 – aus (default: 0) 1 – ein	l/s

ssedh	Status/Fehler in Hexadezimalform (config=32)	0 – Integer 1 – Hex	l/s
calsend	schaltet das zyklische Senden der Zeit jede Minute ein/aus (config=1)	0 – aus (default: 0) 1 – ein	l/s
calreq	Zeit abfragen nach Power-On (config=2)	0 – aus (default: 0) 1 – ein	l/s
calfor	Kalenderformat (config=4)	0 – DE 1 – US	l/s
dprp	schaltet die zyklische Ausgabe der aktuellen Position eines oder aller Aktoren ein/aus	***dprp***,Parameter,Wert Parameter: 0 – Kanal 1 1 – Kanal 2 2 – Kanal 3 3 – alle 3 Kanäle Wert: 0 – aus (default: 0) 1 – ein	l/s
mtime	zyklische Messwertausgabe in ms	50…999	l/s
fready	schaltet den globalen Softstart ein/aus (config=64)	0 – aus (default: 1) 1 – ein	l/s
version	Versionsnummer Firmware der eingebauten Controller	***version***,<Controllernummer> 1 – Main Controller 2 – NT Controller 4 – FP Controller 8 – Display Controller 16 – COM Controller 32 – DSP	l
vdate	Versionsdatum Firmware der eingebauten Controller	***vdate***,< Controllernummer > (siehe ***version***)	l
serno	Seriennummer des Gerät abfragen		l

Tabelle 2: Globale Befehle Standby

10.2 Befehlssatz im ON-Betrieb

Verstärkerkanal bezogene Befehle:

<Befehl>,<Verstärkerkanal>,<Wert> *Enter* **Verstärkerkanal = 0...2 (v.l.n.r.)**

<Befehl>,<Verstärkerkanal> *Enter* ohne Werteingabe gibt den aktuell eingestellten Wert aus.

! Parametertrenner ist immer ein Komma, Dezimalpunkt ist immer ein Punkt !

Befehl	**Beschreibung**	**Wertebereich**	**lesen/ schreib.**
rgver	gibt die Versionsnummer und Datum des Digitalreglers aus		l
fenable	Aktorformatierung (Softstart) nach dem Einschalten aktivieren	0= Aktorformatierung deaktiviert 1= Aktorformatierung aktiv	l/s
sinit	initialer Sollwert nach Einschalten	ol = 0…100% [V] cl = 0…100% [µm, mrad]	l/s
set	Wertevorgabe: Aktorspannung (ol) Dehnung (cl)	 -20...130.000 [V] 0...xxx.xxx [µm, mrad] (max. Aktorhub CL)	s

mov	Wertevorgabe in %: Aktorspannung (ol) Dehnung (cl)	 0…100% [V] 0…100% [µm, mrad]	l/s
pos	Abfrage der Aktorposition	min. Aktorhub…max. Aktorhub [µm, mrad]	l
pos3	Abfrage der Aktorposition aller drei Kanäle	Eingabe ohne Kanalnummer siehe ***pos***	l
upa	Abfrage der Aktorspannung	[V]	l
upa3	Abfrage der Aktorspannung aller drei Kanäle	Eingabe ohne Kanalnummer siehe ***upa***	l
mess	Abfrage des Messwertes in OL = Aktorspannung in CL = Positionswert in CL	 [V] [µm, mrad]	l
mess3	Abfrage des Messwertes aller drei Kanäle (siehe mess)	Eingabe ohne Kanalnummer siehe ***mess***	l
mess%	Abfrage des Messwertes in % in OL = Aktorspannung in CL = Positionswert in CL	 [% V] [% µm, % mrad]	l
umess	Abfrage der realen Mess-spannung	[V]	l
umess3	Abfrage der realen Mess-spannung aller 3 Kanäle	Eingabe ohne Kanalnummer siehe ***umess***	l
mod	Abfrage der Spannung am Modulationseingang	[V]	l
mod3	Abfrage aller drei Spannungen an den Modulationseingängen	Eingabe ohne Kanalnummer siehe ***mod***	l
sr	Anstiegsgeschwindigkeit des Sollwertes (slew rate)	0.0000002...500.0 [V/ms], bezogen auf Modulationsspannung (0...10V)	l/s
modon	schaltet den Modulationseingang ein / aus	0 = ausgeschaltet 1 = eingeschaltet	l/s
monsrc	Signalquellenumschalter für den Monitorausgang (0 = default)	0 = Positionswert im geregelten Betrieb 1 = Sollwert 2= Reglerausgangsspannung 3 = Regelabweichung mit Vorzeichen 4 = Betrag der Regelabweichung 5 = Position im ungeregelten Betrieb 6 = Aktorspannung 7 = Aktorstrom 8 = Aktorspannung NanoX-Ausgang 9 = Aktorstrom NanoX-Ausgang	l/s
cl	Umschaltung ungeregelt (OL) / geregelt (CL)	0 = ungeregelt 1 = geregelt	l/s
kp	Proportional Anteil	0...1000	l/s
ki	Integral Anteil	0...1000	l/s
kd	Differential Anteil	0...1000	l/s
sstd	stellt Standardwerte des Reglers wieder her		s
notchon	schaltet den Kerbfilter ein / aus	0 = ausgeschaltet 1 = eingeschaltet	l/s

notchf	Kerbfilter Kerbfrequenz	0...10000 [Hz]	l/s
notchb	Bandbreite (-3dB)	0...10000 (max. 2 * notch_fr) [Hz]	l/s
lpon	schaltet den Tiefpassfilter ein / aus	0 = ausgeschaltet 1 = eingeschaltet	l/s
lpf	Tiefpass Grenzfrequenz	1...10000 [Hz]	l/s
gfkt	interner Frequenzgenerator (siehe Tabelle 4: S.23)	0 = ausgeschaltet 1 = Sinus 2 = Dreieck 3 = Rechteck 4 = Rauschen 5 = Wobbeln 6 = Arbitrary 7 = Vektor	l/s
gasin	Gen. Sinus Amplitude	0...100 [%]	l/s
gosin	Gen. Sinus Offset	0...100 [%]	l/s
gfsin	Gen. Sinus Frequenz	0.1...10000 [Hz]	l/s
grsin	Gen. Sinus Startwinkel	0…6.2831 (2π) [rad]	l/s
gcsin	Gen. Sinus Zyklenanzahl	0…2^{32}-2 default=0 (dauerhaft)	l/s
gatri	Gen. Dreieck Amplitude	0...100 [%]	l/s
gotri	Gen. Dreieck Offset	0...100 [%]	l/s
gftri	Gen. Dreieck Frequenz	0.1...10000 [Hz]	l/s
gstri	Gen. Dreieck Symmetrie	0.1...99.9 [%] default=50.0 %	l/s
grtri	Gen. Dreieck Startwinkel	0…6.2831 (2π) [rad]	l/s
gctri	Gen. Dreieck Zyklenanzahl	0…2^{32}-2 default=0 (dauerhaft)	l/s
garec	Gen. Rechteck Amplitude	0...100 [%]	l/s
gorec	Gen. Rechteck Offset	0...100 [%]	l/s
gfrec	Gen. Rechteck Frequenz	0.1...10000 [Hz]	l/s
gsrec	Gen. Rechteck Symmetrie	0.1...99.9 [%] default=50.0 %	l/s
grrec	Gen. Rechteck Startwinkel	0…2π [rad]	l/s
gcrec	Gen. Rechteck Zyklenanzahl	0…2^{32}-2 default=0 (dauerhaft)	l/s
ganoi	Gen. Rauschen Amplitude	0...100 [%]	l/s
gonoi	Gen. Rauschen Offset	0...100 [%]	l/s
gaswe	Gen. Wobbeln Amplitude	0...100 [%]	l/s
goswe	Gen. Wobbeln Offset	0...100 [%]	l/s
gsswe	Gen. Wobbeln Startfrequenz	1.0…10000.0 [Hz]	l/s
geswe	Gen. Wobbeln Endfrequenz	1.0…10000.0 [Hz] (> gsswe)	l/s
gtswe	Gen. Wobbeln Wobbelzeit	0.4...800 [s]	l/s
gcswe	Gen. Wobbeln Zyklenanzahl	0…2^{32}-2 default=0 (dauerhaft)	l/s
gmswe	Gen. Wobbeln Marker Startfrequenz	1.0Hz…10.0kHz (> gsswe)	l/s
gnswe	Gen. Wobbeln Marker Endfrequenz	1.0Hz…10.0kHz (< geswe, > gmswe)	l/s
garbload	Gen. Arbitrary Datei laden	garbload,Pfad\Dateiname	s
gsarb	Gen. Arbitrary Startindex	0…1000001	l/s
gearb	Gen. Arbitrary Endindex	0…1000001	l/s
gcarb	Gen. Arbitrary Zyklenanzahl	0…2^{32}-2 default=0 (dauerhaft)	l/s

gtarb	Gen. Arbitrary Ausgabeteiler	1…2^{32}-2	l/s
goarb	Gen. Arbitrary Offset	0…(gearb - gsarb)	l/s
gvecload	Gen. Vektor Datei laden	gvecload,Kanal,Pfad\Dateiname	s
gcvec	Gen. Vektor Zyklenanzahl	0…2^{32}-2 default=0 (dauerhaft)	l/s
grun	Generatoren einzeln bzw. synchron starten / stoppen	***grun***,Kanal1,Kanal2,Kanal3 Kanalx 0 = Stop 1 = Start	l/s
garun	schaltet AutoRun der Generatoren ein / aus	garun,Kanal,Wert 0 = ausgeschaltet 1 = eingeschaltet	l/s
trgss	Trigger Wegposition Start	>0,2% des Maximalhubes des Aktors bis <99,8% des Maximalhubes des Aktors	l/s
trgse	Trigger Wegposition Ende	>0,2% des Maximalhubes des Aktors bis <99,8% des Maximalhubes des Aktors, jedoch größer als ***trgss***	l/s
trgsi	Trigger Wegintervalle	Triggerintervalle [% CL-Hub] (>0,05% des Wegbereiches CL)	l/s
trglen	Länge der Triggerimpulse	n * 20µs n = 1...255	l/s
trgedge	Triggerflanke	0= Triggererzeugung aus 1= Trigger nur auf steigender Flanke 2= Trigger nur auf fallender Flanke 3= Trigger auf beiden Flanken 4= bei Bewegungsumkehr 5= wie 4 invertiert 7= wie 4 mit Impulslänge ***trglen***	l/s
recstart	Datenrecorder starten		s
recstop	Datenrecorder stoppen		s
recast	Datenrecorder Autostart	startet mit dem nächsten set-Befehl 0 – aus default: 0 1 – ein	l/s
recsrc3	Datenrecorder Datenquelle	recsrc,Quelle1,Quelle2,Quelle3 siehe 10.5 Datenrecorder	l/s
recstr	Schrittweite Aufzeichnung alle recstr * 20µs	1…2^{32}-2 Aufzeichnung alle ***recstr*** * 20µs	l/s
recwridx	aktueller Schreibindex	um nach manuellem Stopp die aktuelle Schreibposition zu bestimmen	l
recrdidx3	setzt Ausleseindex	0…reclen	l/s
recrd	liest Puffer inkrementell aus	Kanal 0..3,optional: Anzahl der Werte 1…reclen	l
reclen	Länge der Aufzeichnung in Samples	1…500000 Samples je Kanal	l/s

Tabelle 3: Kanal-bezogene Befehle

Beispiele einiger Kommandos:

Ein Aktor mit einer Dehnung von 80µm im geregelten Betrieb soll mit einer Rechteckfrequenz von 5Hz eine Sprungfunktion im geregelten Betrieb von 20µm auf 50µm ausführen. Der Aktor steckt am Verstärkerkanal 3. Dabei soll er 50ms auf 20µm und 150ms auf 50µm verharren. Die Reaktion des Messsystems soll am Monitorausgang sichtbar gemacht werden.

Befehle: (Kanalnummer 2 = Verstärkerkanal 3)

- cl,2,1 Enter	Regelung einschalten
- gfkt,2,3 Enter	Frequenzgenerator auf Rechteck
- gfrec,2,5 Enter	Rechteckfrequenz = 1 / (50ms+150ms) = 5 Hz
- garec,2,37.5 Enter	Rechteckamplitude = (50µm – 20µm) / 80µm * 100 % = 37.5 %
- gorec,2,25 Enter	Rechteckamplitudenoffset = 20µm / 80µm * 100 % = 25 %
- gsrec,2,25 Enter	Symmetrie des Rechteckes = 50ms / (50ms + 150ms) * 100% = 25%
- monsrc,2,0 Enter	Monitorbuchse auf Positionswert im CL setzen

10.3 Funktionsgenerator

Jeder Verstärkerkanal ist mit einem eigenen programmierbaren Funktionsgenerator ausgestattet, mit dem unter anderem Scannfunktionen realisiert werden können.
Die zu dem Funktionsgenerator gehörenden Parameter werden im ID-Chip des Aktorsteckers nichtflüchtig gespeichert und werden mit Aktivierung der jeweiligen Funktion ausgewählt. Flüchtige Parameter sind der Inhalt des Arbitrary- und des Vektor-Puffers.
Die Programmierung erfolgt über o.g. Befehle. Folgende Funktionen sind realisierbar:

Funktionstyp 0 = aus	Sinus 1	Dreieck 2	Rechteck 3	Rauschen 4	Wobbeln 5
Amplitude 0...100%	√	√	√	√	√
Offset 0...100%	√	√	√	√	√
Frequenz 0,1...10000Hz	√	√	√	-	-
Wobbelzeit 0,4...800s/Dek	-	-	-	-	√
Symmetrie 0.1...99.9%	-	√	√	-	-

Tabelle 4: Parameter Funktionsgenerator

Die Symmetrie eines Signals beschreibt im Fall der Dreieckfunktion das Verhältnis von Anstiegszeit t zu Periodenzeit T. Damit kann zwischen schnellem Anstieg mit langsamem Abfall und langsamem Anstieg mit schnellem Abfall variiert werden. Im Fall der Rechteckfunktion wird das Tastverhältnis von High-Zeit zu Periodenzeit beschrieben.

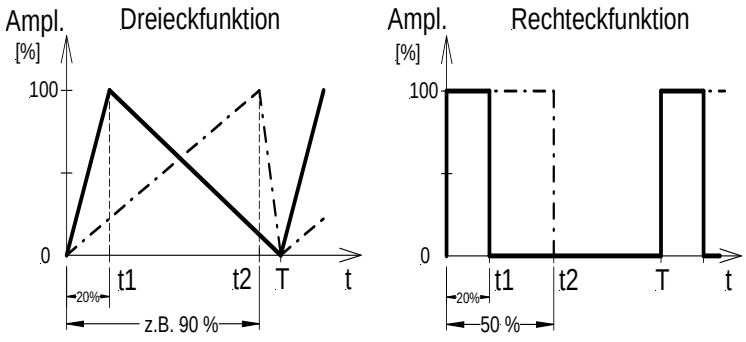


Abbildung 5: Symmetrie

10.3.1 Wobbel-Generator

Der Generator arbeitet als Sinusgenerator logarithmisch im Bereich von 1Hz bis 10kHz. Die Wobbelzeit ist einstellbar zwischen 1 und 1000s. Für die Synchronisation sind Marker einstellbar. Diese Marker werden am Triggerausgang der „Analog“-Buchse als L/H-Pegel ausgegeben.

Ein Beispiel für eine Wobbelfunktion zeigt die nächste Abbildung:

Folgende Parameter wurden eingestellt:

grun,0	Funktionsgenerator Kanal 1 ausschalten
gaswe,0,1	1% Amplitude
goswe,0,1	1% Offset
gsswe,0,300	300Hz Startfrequenz
geswe,0,400	400Hz Endfrequenz
gtswe,0,5	5s Wobbeldauer
gcswe,0,1	1 Zyklus
gmswe,0,320	320Hz Startmarker
gnswe,0,380	380Hz Endmarker
grun,0,1	Generator Kanal 1 starten

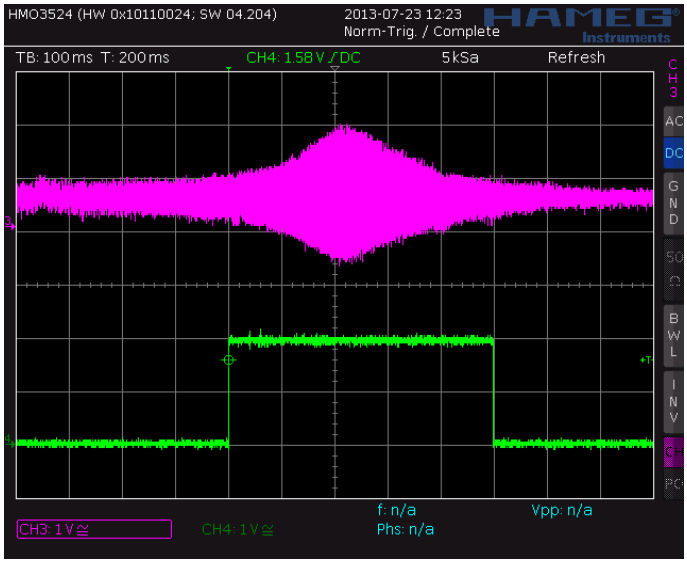


Abbildung 6: Wobbel-Funktion

Folgende Parameter wurden eingestellt:

grun,0	Funktionsgenerator Kanal 1 ausschalten
gaswe,0,1	1% Amplitude
goswe,0,1	1% Offset
gsswe,0,300	300Hz Startfrequenz
geswe,0,400	400Hz Endfrequenz
gtswe,0,5	5s Wobbeldauer
gcswe,0,1	1 Zyklus
gmswe,0,320	320Hz Startmarker
gnswe,0,380	380Hz Endmarker
grun,0,1	Generator Kanal 1 starten

Achtung: Während des Wobbelns dürfen keine Triggersignale ausgegeben werden (***trgedge*** = 0).

10.3.2 Arbitrary-Generator

Der Arbitrary-Generator wird aus einer Datei gespeist, die auf der internen SD-Card abgespeichert sein muss. Es gibt nur eine aktive Datei, die aber auch von allen drei Kanälen des ***d-Drive***^{pro} benutzt werden kann. Wenn die drei Kanäle unterschiedliche Funktionen ausgeben sollen, muss die Datei diese unterschiedlichen Funktionen enthalten. Pro Kanal kann ein unterschiedlicher Start- und Ende-Index angegeben werden, der die verschiedenen Funktionen in der Datei auswählt. Die Parameter sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Um eine erzeugte Datei auf das Gerät zu speichern, muss es über USB mit dem PC verbunden werden. Unter Windows wird die SD-Card im Explorer als Wechseldatenträger abgebildet. Im Ordner \wav_gen kann diese selbst erzeugte Textdatei abgespeichert werden. In diesem Ordner befinden sich schon einige Beispieldateien, die zum ersten Test benutzt werden können.

Die Textdatei besteht aus Samples getrennt durch CRLF. Es steht ein Speicherbereich von 1000002 Werten zur Verfügung (durch 1, 2 oder 3 teilbar). In diesem Bereich können beliebige Funktionen (Sollwert-Samples) abgelegt werden. Die drei Verstärkerkanäle können unabhängig voneinander auf den Speicherbereich zugreifen (lesen). Ein Sample repräsentiert den Sollwert in [%] zum jeweiligen Zeitpunkt und ist genau 20µs lang. Der Parameter ***gtarb,Wert*** ist ein Multiplikator für die Samplezeit. Der Dateiname und die Endung sind variabel.

Zum Laden der Datei in den Arbitrary-Generator wird der Befehl garbload,wav_gen\<dateiname> benutzt. Der Ladevorgang wird durch die zyklische Ausgabe „< percent , xx%“ angezeigt. Ein anschließend ausgegebenes „OK“ signalisiert das Ende des Ladevorgangs.

Vor dem Start des Generators müssen folgende Parameter eingestellt werden:

gfkt,Kanal,0	Funktionsgenerator ausschalten	
gsarb,Kanal,Wert	0…1000002	(kleiner als die Anzahl Samples in der Datei)
gearb,Kanal,Wert	0…1000002	(größer als ***gsarb***)
gcarb,Kanal,Wert	0…(2^{32}-2)	Anzahl der ausgegebenen Perioden (default: 0 = dauerhaft)
goarb,Kanal,Wert	0...(gearb - gsarb), gibt an, um wieviele Samples versetzt die Ausgabe beginnen soll (bezogen auf den Startindex)	
gtarb,Kanal,Wert	0 und1 teilt durch 1; 2 teilt durch 2 ...	

Die Ausgaberate ergibt sich aus: 1/(20µs*(gtarb + 1)) in [Sa/s]

Beispiel für den Einsatz eines Arbitrary-Generators:

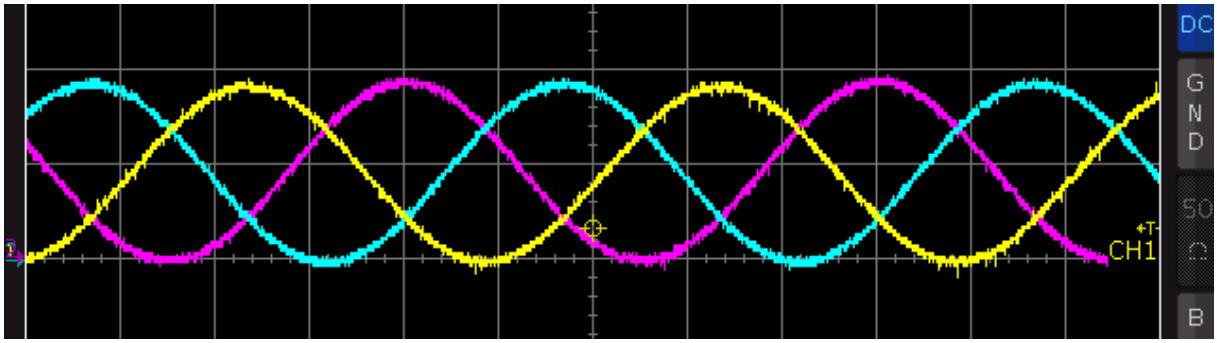


Abbildung 7: Drei-Phasen-Sinusgenerator

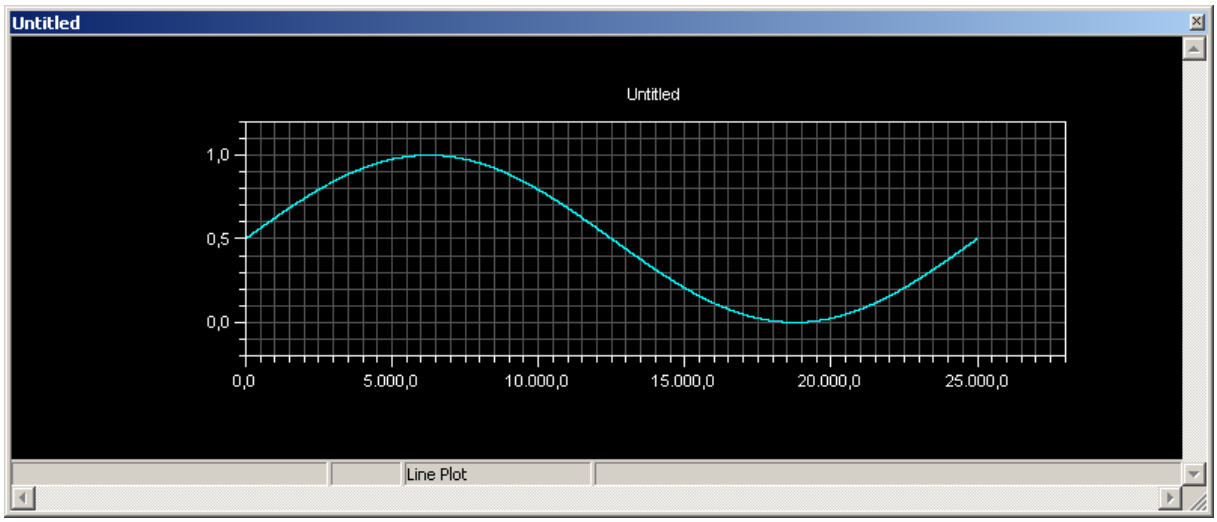


Abbildung 8: Index 0...25000 im Arbitrary-Speicher (1 Periode)

Im Folgenden wird erklärt, wie die Initialisierung der drei unabhängigen Generatoren bei Nutzung eines gemeinsamen Speicherbereichs geschieht:

grun,0,0,0	Stoppt alle drei Generatoren
gsarb,0,0	Start Index 0
gearb,0,24999	Ende Index 24999
gcarb,0,0	dauerhafte Ausgabe
goarb,0,0	Offset Index 0 = 0°
gtarb,0,0	1 / (20µs / (gtarb + 1)) = 50000 [Sa/s]
gsarb,1,0	Start Index 0
gearb,1,24999	Ende Index 24999
gcarb,1,0	dauerhafte Ausgabe
goarb,1,8333	Offset Index 8333 = 120°
gtarb,1,0	50000 [Sa/s]
gsarb,2,0	Start Index 0
gearb,2,24999	Ende Index 24999
gcarb,2,0	dauerhafte Ausgabe
goarb,2,16666	Offset Index 16666 = 240°
gtarb,2,0	50000 [Sa/s]
grun,1,1,1	Startet alle drei Generatoren synchron

Bei einer Samplelänge von 25000Sa und einer Samplerate von 50000 Sa/s ergibt sich eine Periodenfrequenz von 2Hz.

Weitere Beispiele finden Sie auf unserer Homepage.

10.3.3 Vektor-Generator

Der Vektor-Generator besitzt drei interne Puffer, die jeweils einem Kanal fest zugeordnet sind. Sie enthalten die Zielpunkte der auszugebenden Kurve (in 0…100%) und die zugehörige Verfahrzeit in Sekunden. Die kleinste Zeiteinheit beträgt 0.00002s und Vielfache davon. Die Wertepaare stehen in einer Textdatei. Die zu benutzende Datei muss mittels Befehl ***gvecload*** in den entsprechenden Puffer des ***d-Drive^{pro}*** geladen werden. Die Parameter sind in Tabelle 3 aufgelistet.
Um eine erzeugte Datei auf das Gerät zu speichern, muss es über USB mit dem PC verbunden werden. Unter Windows wird die SD-Card im Explorer als Wechseldatenträger abgebildet. Im Ordner \wav_gen\ kann diese selbst erzeugte Textdatei abgespeichert werden. In diesem Ordner befinden sich schon einige Beispieldateien, die zum ersten Test benutzt werden können.
Zum Laden der Datei in den Vektor-Generator wird der Befehl ***gvecload***,Kanal,Pfad\dateiname benutzt. Der Ladevorgang wird durch die zyklische Ausgabe „< percent , xx%“ angezeigt. Ein anschließend ausgegebenes „OK“ signalisiert das Ende des Ladevorgangs.

Vor dem Start des Generators müssen folgende Parameter eingestellt werden:

grun,0,0,0	schaltet die Funktionsgeneratoren aus
gvecload,Kanal,Pfad\dateiname	lädt Datei in den internen Puffer
gfkt,Kanal,7	schaltet den Vektor-Generator des jeweiligen Kanals ein
grun,1,1,1	startet die aktivierten Kanäle synchron

Ein Beispiel für einen 2-D- Scan mit Vektor-Generator:

folgende Dateien werden benutzt:
Kanal 1: „scanxy_x2.txt“
Kanal 2: “scanxy_y2.txt”

folgende Befehle werden zur Initialisierung benutzt:

grun,0,0,0	stoppt alle Generatoren
gvecload,0,wav_gen\ scanxy_x2.txt	lädt die Daten in den Puffer von Kanal 1
gvecload,1,wav_gen\ scanxy_y2.txt	lädt die Daten in den Puffer von Kanal 2
gcvec,0,0	Generator läuft dauerhaft
gcvec,1,0	Generator läuft dauerhaft
gfkt,0,7	schaltet den Vektor-Generator für Kanal 1 ein
gfkt,1,7	schaltet den Vektor-Generator für Kanal 2 ein
grun,1,1,0	startet die Generators synchron

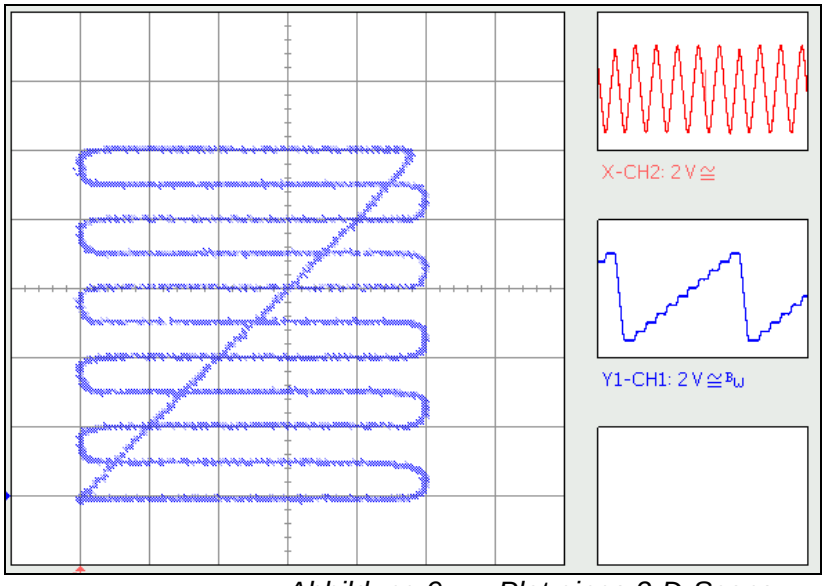


Abbildung 9: xy-Plot eines 2-D-Scans

10.4 Ausgabe von Triggersignalen

Die Verwendung des Triggersignales ermöglicht es, bei Erreichen oder Überschreiten eines vorgegebenen Wertes ein elektrisches Signal auszugeben. Die Triggerpunkte beziehen sich immer auf den Positionswert (Weg). Das Triggersignal ist Low-aktiv, d.h. eine H/L-Flanke zeigt das Erreichen eines Triggerpunktes an. Der Bereich, in dem Triggerpunkte generiert werden, wird mit trgss (untere Position) und trgse (obere Position) bestimmt. Der Abstand der Triggerpunkte wird mittels trgsi (Intervall) festgelegt. Es ist möglich, den Trigger auf eine steigende (trgedge,Kanal,1), eine fallende (trgedge,Kanal,2) oder beide Flanken (trgedge,Kanal,3) zu setzen, mit trgedge,Kanal,0 wird der Trigger deaktiviert.
Die Maßeinheit für trgss, trgse, trgsi ist die aktorspezifische Einheit im geregelten Betrieb (µm, mrad), die Länge der Triggerimpulse ist als ganzzahliges Vielfaches von 20µs (default = 1*20µs) einstellbar. Es muss darauf geachtet werden, dass sich Triggerimpulse nicht überschneiden, dazu ist ggf. die Dauer der Impulse auf Minimum (trglen,Kanal,1) zu setzen und die Verfahrgeschwindigkeit des Aktors zu verringern.
Weiterhin muss sichergestellt werden, dass der von trgss und trgse eingegrenzte Bereich vollständig durchlaufen wird (zuzüglich 0,2% des Gesamthubes), andernfalls werden keine Triggerpunkte generiert, da kein Flankenwechsel erkannt wird.

Achtung: Während der Betriebsart „Wobbeln“ muss die Ausgabe von Triggersignalen deaktiviert werden (trgedge = 0).

Beispiel (trgedge = 1...3):

Ein Aktor hat einen geregelten Hub von 80µm; Flanke steigend (trgedge,Kanal,1); trgss,10 [µm]; trgse,30 [µm]; trgsi = 5 [µm], das heißt, die Triggerpunkte liegen bei 10, 15, 20, 25, 30µm. Nach Erreichen der Position trgss (Messwert>=10µm) wird der Triggerimpuls gesetzt und der nächste Triggerpunkt berechnet (15µm), der Trigger wird nach n * 20µs ausgeschalten, und es wird auf das Erreichen der Position 15µm gewartet. Nach Erreichen dieser Position wird der Trigger wieder gesetzt und erneut die nächste Position berechnet (20µm). Nach Erreichen von 30µm wird der nächste Triggerpunkt auf 10µm gesetzt, der Trigger wird erst ausgelöst, wenn die Pos 10µm von "unten", d.h. aus einer Position [10µm - (0,2% * 80µm)] angefahren wird.

Anwendung:

Die kombinierte Benutzung von Triggererzeugung und Scanfunktion erlaubt die hochgenaue Abrasterung einer Probe. Durch die Verwendung einer Sinusfunktion werden Beschleunigungskräfte (und damit Schwingungen) minimiert, durch die Triggererzeugung können Aktionen in genau definierten Aktorpositionen ausgelöst werden.

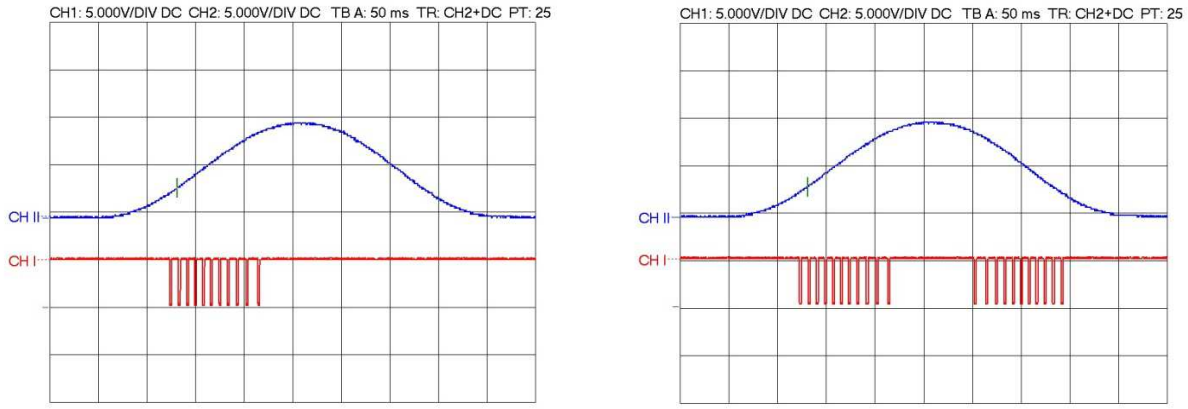

CH1: 5.000V/DIV DC CH2: 5.000V/DIV DC TB A: 50 ms TR: CH2+DC PT: 25
CH II
CH I
CH1: 5.000V/DIV DC CH2: 5.000V/DIV DC TB A: 50 ms TR: CH2+DC PT: 25
CH II
CH I

Abb.: Sinusscan mit Triggerimpulsen auf der steigenden bzw. auf beiden Flanken

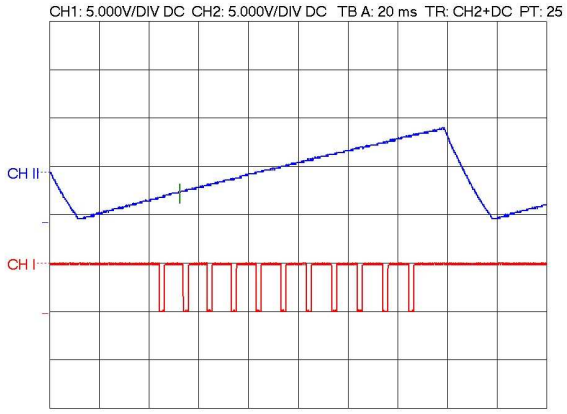


Abb.: Dreieckscan mit Triggerimpulsen auf der steigenden Flanke

10.4.1 Erweiterte Triggerfunktionen

trgedge = 4 / 5 / 7:

trgedge,Kanal,4: gibt einen Trigger bei jeder Bewegungsumkehr aus
trgedge,Kanal,5: die Ausgabe ist gegenüber trgedge,Kanal,4 invertiert. Es werden keine Parameter benötigt.
trgedge,Kanal,7: es wird bei jeder Bewegungsumkehr ein kurzer Triggerimpuls der Länge n*20µs ausgegeben (Parameter n: trglen).

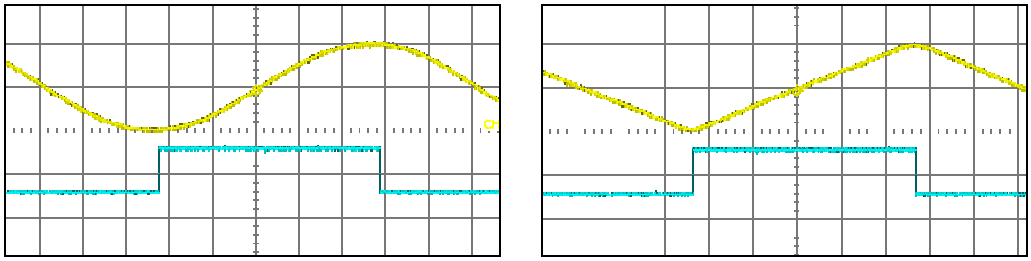


Abbildung 10: trgedge = 4

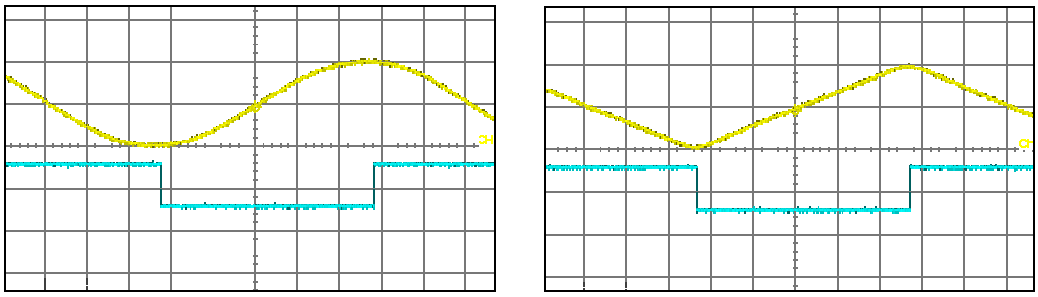


Abbildung 11: trgedge = 5

10.4.2 Flankenerkennung

Das Prinzip der Flankenerkennung funktioniert wie folgt:
Bei steigender Flanke wird immer der höchste Messwert (Weg) gemerkt. Sinkt der Messwert um mehr als 0,2% des Weges unter den gemerkten Weg, so wird eine fallende Flanke erkannt.
Danach wird immer der kleinste Messwert (Weg) gespeichert.
Steigt jetzt der Messwert um mehr als 0,2% des Weges über den gespeicherten (kleinsten) Weg, so wird wieder eine steigende Flanke erkannt.

Dieses Funktionsprinzip bedingt, dass der von ***trgss*** und ***trgse*** begrenzte Bereich immer über seine Grenzen hinaus durchfahren wird (mindestens um +/- 0,2% des Weges).

Befehl	Beschreibung	Wertebereich
trgss	untere Triggerposition Dieser Wert gibt die untere Position an, ab der ein Triggersignal ausgelöst wird.	[µm] bzw. [mrad]
trgse	obere Triggerposition Dieser Wert gibt die obere Position an, bis zu der ein Triggersignal ausgelöst wird.	[µm] bzw. [mrad]
trgsi	Triggerintervall Dieser Wert gibt die Intervallgröße an, in der ab dem unteren Wegwert ein Triggersignal ausgelöst wird.	[µm] bzw. [mrad]
trglen	Triggerlänge Dieser Wert bestimmt die zeitliche Länge des Triggersignales	(n*20µs n=1...255)
trgedge	Triggerflanke Dieser Wert gibt an, in welcher Richtung eine Triggerschwelle passiert werden muss, um ein Triggersignal auszulösen.	0 = aus 1 = steigend 2 = fallend 3 = beide Flanken
trgedge	Triggerflanke Bei Richtungsumkehr wechselt der Pegel am Triggerausgang	0 = aus 4 = nicht invertiert 5 = invertiert 7 = wie 4 mit Impulslänge trglen

Tabelle 5: Parameter Trigger

10.5 Datenrecorder

Der Datenrecorder ist ein 3-Kanal-Aufzeichnungsgerät, das zyklisch aller 20µs drei ausgewählte Werte in einen Datenpuffer schreibt. Diese drei Kanäle laufen synchron. Es können max. 500000 Werte je Kanal aufgenommen werden, das entspricht einer Aufzeichnungszeit von 10s bei 50kS/s. Jeder Kanal des Datenrecorders kann mit einer Datenquelle (siehe unten) verknüpft werden.
! Diese Kanäle haben mit den Verstärkerkanälen nichts zu tun !
Folgende Quellen können ausgewählt werden:

Befehl	**Parameter**	**Datenquelle** (siehe 10.2 Befehlssatz im ON-Betrieb)
recsrc	0	pos (Kanal1)
	1	poss (Kanal2)
	2	pos (Kanal3)
	3	mod (Kanal1)
	4	mod (Kanal2)
	5	mod (Kanal3)
	6	upa (Kanal1)
	7	upananoX (Kanal1)
	8	upa (Kanal2)
	9	upananoX (Kanal2)
	10	upa (Kanal3)
	11	upananoX (Kanal3)
	12	ipa (Kanal1)
	13	ipananoX (Kanal1)
	14	ipa (Kanal2)
	15	ipananoX (Kanal2)
	16	ipa (Kanal3)
	17	ipananoX (Kanal3)
	18	stell (Kanal1)
	19	stell (Kanal2)
	20	stell (Kanal3)
	22	soll (Kanal1)
	23	soll (Kanal2)
	24	soll (Kanal3)
	26	Setwert (Kanal1)
	27	Setwert (Kanal2)
	28	Setwert (Kanal3)
	30	Fehlerwert (Kanal1)
	31	Fehlerwert (Kanal2)
	32	Fehlerwert (Kanal3)
	34	Monitorspannung (Kanal1)
	35	Monitorspannung (Kanal2)
	36	Monitorspannung (Kanal3)

Tabelle 6: Datenrecorder

Nach Auswahl der Datenquellen ***recsrc, Quelle1,Quelle2,Quelle3*** (mindestens eine muss gewählt sein) wird die Anzahl der gewünschten Samples je Kanal mit ***reclen,Anzahl*** eingestellt. Um die Anzahl der auszulesenden Werte zu verringern, kann auch in größeren Zeitabständen n * 20µs (recstr * 20µs) mitgeschnitten werden (***recstr,Teiler*** = 1...2^{23}-2).
Der Recorder kann per Kommando (***recstart***) gestartet werden, zur Aufzeichnung von Sprüngen bzw. Regelverhalten kann der Autostart aktiviert werden: ***recast,1***. Die Aufzeichnung beginnt dann automatisch nach dem nächsten gesendeten ***set***-Befehl. Die Aufzeichnung endet, wenn die in ***reclen*** gesetzte Anzahl von Werten aufgenommen wurde. Alternativ kann eine Aufzeichnung

jederzeit mit ***recstop*** abgebrochen werden. Die aktuelle Schreibposition ist mit ***recwridx3*** für alle drei Aufzeichnungskanäle simultan auslesbar. Nun zum Auslesevorgang:
Vor dem Lesen sind die Lesezeiger zu setzen: ***recrdidx,idx_1,idx_2,idx_3*** (0...reclen-1), nicht benutzte Kanäle werden mit 0 indiziert. Der Leseindex kann beliebig innerhalb des Puffers gesetzt werden. Die eigentliche Ausgabe erfolgt mit dem Befehl ***recrd***. Dieser besitzt verschiedene Modi:

recrd,Kanal gibt inkrementell 3 Samples des gewählten Kanals zurück
recrd,Kanal,n gibt die gewählte Anzahl von Samples (auf Vielfache von 3 aufgerundet) aus
recrd,3,n gibt n Wertetripel (Kanal1, Kanal2, Kanal3) aus

11 Statusregister

Das Statusregister ist ein 32bit Register, wobei die einzelnen Bits die verschiedenen Einstellungen der drei Verstäkerkanäle bzw. Aktoren beschreiben. Abgefragt wird dieses Register mit dem Befehl ***status***.

Bit	**Beschreibung** (wahr = 1)
0	Datum gesetzt
1	Zeit gesetzt
2	Aktor 1 angesteckt
3	Aktor 1 hat ein Messsystem
4	Aktor 1 ist ein nanoX-Aktor
5	Aktor 1 ist im closed loop (CL)
6	Aktor 1 Arbitrary-Datei ist geladen
7	Aktor 1 Generator läuft
8	Aktor 1 Datenrecorder läuft
9	Aktor 1 Softstart läuft
10	Aktor 2 angesteckt
11	Aktor 2 hat ein Messsystem
12	Aktor 2 ist ein nanoX-Aktor
13	Aktor 2 ist im closed loop (CL)
14	Aktor 2 Arbitrary-Datei ist geladen
15	Aktor 2 Generator läuft
16	Aktor 2 Datenrecorder läuft
17	Aktor 2 Softstart läuft
18	Aktor 3 angesteckt
19	Aktor 3 hat ein Messsystem
20	Aktor 3 ist ein nanoX-Aktor
21	Aktor 3 ist im closed loop (CL)
22	Aktor 3 Arbitrary-Datei ist geladen
23	Aktor 3 Generator läuft
24	Aktor 3 Datenrecorder läuft
25	Aktor 3 Softstart läuft
26,27,28	nicht benutzt, sind statisch auf 0
29	Gerät ist im ON-Betrieb und arbeitet
30	Gerät ist eingeschaltet, Gerät bootet solange Bit 29 noch 0 ist
31	Gerät ist im Standby

Tabelle 7: Statusregister

12 Konfigurationsregister

Das Konfigurationsregister ist ein 16bit Register, wobei die einzelnen Bits die verschiedenen Einstellungen des Gerätes beschreiben. Abgefragt wird dieses Register mit dem Befehl ***config***:

Bit	Beschreibung
0	Gerät sendet Datum und Uhrzeit jede Minute
1	Gerät benötigt Zeiteingabe nach Reset
2	Zeitformat: 0 = DE, 1 = US
3	Zahlenformat: 0 = Gleitkomma, 1 = wissenschaftlich
4	Auto Power ON
5	Status- und Fehlerausgabe in Hex-Format
6	globaler Softstart
7	dprp aktiv
8-13	nicht benutzt
14	intern benutzt statisch 1
15	intern benutzt statisch 0

Tabelle 8: Konfigurationsregister

13 Bedienung

Der Aktor wird über den „PIEZO“-Stecker des jeweiligen Kanals angeschlossen. An die „ANALOG“-Buchse kann ein externes Modulationssignal im Bereich von 0 bis +10V angelegt werden. Zur Vermeidung von Schäden am Piezoelement wird empfohlen, vor dem Ein- bzw. Ausschalten des Gerätes das Modulationssignal abzutrennen oder den Modulationseingang abzuschalten (***modon,Kanal,0***).
Nach dem Einschalten zeigt die rote Status-LED die Initialisierungssequenz der Funktionsgruppen des Gerätes an. Während dieser Zeit übergeben alle Verstärker ihre gespeicherten Kennwerte (DSP-Parameter) und die aus dem ID-Chip des angeschlossenen Aktors gelesenen Aktorkennwerte an den Hauptcontroller. Verstärker ohne angeschlossenem Aktor blinken weiterhin.
Der Aktor befindet sich unterhalb des Regelbereiches am negativsten Punkt (linke Pos. s. Abb.3) des Gesamtstellbereiches. Wird anschließend in den geregelten Betriebsmodus durch Druck auf die OL/CL-Taste umgeschaltet, bewegt sich der Aktor auf die Nullposition des Regelbereiches (Position „0µm“). Der Aktor kann dabei in Abhängigkeit von der gerade eingestellten Position einen Sprung ausführen. Wird per set-Befehl die maximale CL-Position gestellt, so wird der geregelte maximale Weg (Position „Max“) angefahren. Dieser Weg ist von der Spezifikation des Aktors abhängig und kann je nach Aktortyp variieren.

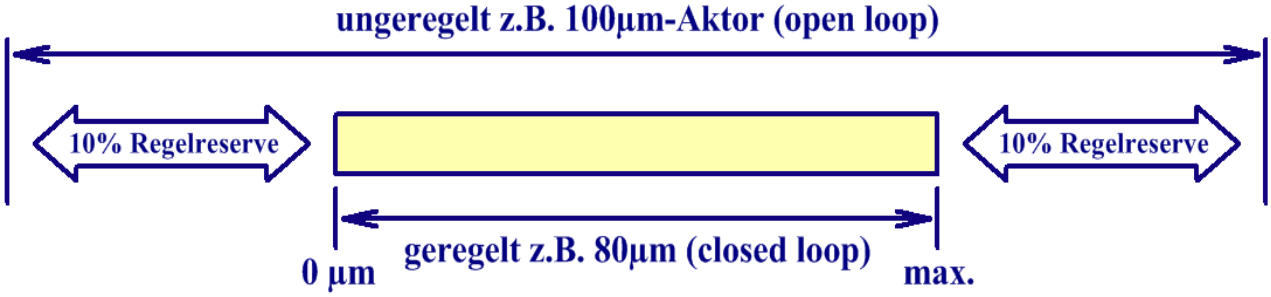


Abbildung 12: ungeregelt / geregelt

Eine blinkende OL/CL-LED zeigt Übersteuerung (overload) bzw. Untersteuerung (underload) an. Diesen Fall bitte vermeiden und das Gerät sofort ausschalten, wenn die LED durch Reduzierung des Steuersignals nicht permanent rot leuchtet. Überprüfen Sie in jedem Fall die mechanische Ankopplung des Aktors an die Peripherie. Es liegt möglicherweise eine mechanische Blockierung bzw. ein Anschlag des Aktors vor. Auch eine zu starke Belastung des Antriebes (hohes Gewicht des Anbaues) führt dazu, dass er seine vorgegebene Position nicht erreicht. Lösen Sie den Aktor von der Peripherie. Leuchtet die LED permanent rot, lag einer der o.g. Fehler vor.

Die Aktorkalibrierung entspricht einer bestimmten Einbaulage. Die Änderung der Einbaulage ohne neue Kalibrierung kann ebenfalls zu OVL oder UDL führen. Bitte vorab die Einbaulage angeben.

14 Reglereinstellung

Sobald ein Piezoaktor von ***piezosystem jena*** an das ***d-Drive^{pro}*** angesteckt wird, werden die Aktor-spezifischen Kennwerte aus dem ID-Chip des Aktors ausgelesen. Der Digitale Signal Prozessor des Gerätes wird mit diesen Parametern automatisch eingestellt. Diese Kennwerte wurden im ***piezosystem jena*** - Labor ermittelt und gewährleisten eine sichere Funktion des Piezoelementes. Für Piezoaktoren ohne integriertes Messsystem gibt es keine kp-, ki- und kd-Reglerwerte, da ein geregelter Betrieb in dieser Konfiguration nicht möglich ist. Die „closed loop“ Funktion ist automatisch ausgeschaltet.
Um die Reglereigenschaften eines Aktors auf die spezielle Applikation anzupassen, geht man von den voreingestellten Werten aus. Zuerst schaltet man den geregelten Betrieb durch Druck auf die OL/CL-Taste des jeweiligen Kanals ein. Man verändert schrittweise immer einen Parameter und überprüft das Ergebnis mit dem Oszilloskop an der Monitorbuchse des jeweiligen Kanals. Dabei ist der Monitorausgang mittels Befehl ***monsrc,Kanal,5*** auf „Position im ungeregelten Betrieb“ zu stellen.
Prinzipiell ist ein Parameter in kleinen Schritten zu ändern und je nach Reaktion des Elementes die Schrittweite zu erhöhen. Kommt es zum Aufschwingen, dann bitte sofort die Regelung durch Druck auf die OL/CL-Taste des betreffenden Kanals ausschalten und die Werteänderung rückgängig machen!

Zuerst überprüft man die Funktion des Kerbfilters. Der Kerbfilter ist werkseitig oft ausgeschaltet. Hat die momentane Applikation ein anderes Gewicht oder sind spezielle Anbauten vorhanden, ändert sich die Resonanzfrequenz des Gesamtsystems (größere Masse = niedrigere Resonanzfrequenz).
Die Wobbelfunktion des internen Funktionsgenerators kann zur Ermittlung der Hauptresonanz genutzt werden. Dazu lesen sie bitte den Abschnitt 10.3.1 Wobbel-Generator. Die Amplitude stellt man auf 5%, die Offset auf 0% und die Wobbelzeit auf 1 (1 s/Dekade). Den Piezoverstärker stellt man auf ungeregelt (OL/CL-LED am Verstärker leuchtet grün). Mit Hilfe des MOD/MON-Kabels (Stecker MON) verbindet man das Oszilloskop mit der „ANALOG“ Buchse des Verstärkers. Nun muss mittels Befehl ***monsrc,Kanal,5*** der Monitorausgang auf Position im ungeregelten Betrieb gestellt werden. Am Oszilloskop sind folgende Einstellungen vorzunehmen: Speicherbetrieb, Zeitbasis = 0,5s/cm und Eingangsspannung = 0,1V/cm. Das Bild zeigt die Übertragungsfunktion des Aktorsystems gemessen mit dem integrierten Messsystem. Bevor die Hüllkurve ausklingt, gibt es eine Stelle, an der die Amplitude bis auf 0V zusammenbricht und wieder ansteigt. Das ist die Kerbfrequenz (notch frequency). Bei der Resonanzfrequenz überhöht die Hüllkurve stark. Jetzt muss die passende Frequenz eingestellt werden, bis die Kerbe an der Stelle ist, wo die Überhöhung war. Bei Verwendung des Kerbfilters kann ein erhöhtes Positionsrauschen auftreten.

Den richtigen ki-Wert (Nachstellzeit) ermittelt man wie folgt:

Den Funktionsgenerator stellt man auf Rechteck 1Hz, Amplitude ca. 50% (oder entsprechend der späteren Applikation) und Offset 25%. Der Monitorausgang wird mittels Befehl ***monsrc,Kanal,0*** auf Positionswert im geregelten Betrieb gestellt. Am Oszilloskop sind folgende Einstellungen

vorzunehmen: Speicherbetrieb, Zeitbasis = 0,05s/cm und Eingangsspannung = 1V/cm. Am Verstärker ist durch Druck auf die OL/CL-Taste der Regler einzuschalten (closed loop). Die OL/CL-LED leuchtet gelb. Das Bild am Oszilloskop zeigt die Sprungfunktion des Aktorsystems gemessen mit dem integrierten Messsystem. Ist die Anstiegsgeschwindigkeit zu gering, kann man dies durch Erhöhung des ki-Wertes ändern. Das Überschwingen nach dem Anstieg der Kurve sollte auf <1% des Gesamtsprunges eingestellt werden.
Bei diesen Einstellungen kann es zum Aufschwingen des gesamten Systems kommen. Sofort ist die Regelung durch Druck auf die OL/CL-Taste des betreffenden Verstärkers auszuschalten und die Werteänderung rückgängig zu machen! Im Zweifelsfall sind die Standardwerte neu zu laden. Längerer Betrieb in Resonanz kann den Aktor zerstören!

Jetzt kann man versuchen, die Anstiegsgeschwindigkeit zu erhöhen, solange kein Aufschwingen bzw. größeres Überschwingen auftritt.
Mit dem Tiefpassfilter ***lpon, lpf*** kann die Einschwingkurve beruhigt werden (***lpf*** reduzieren = Einschwingen ruhiger). Jedoch vergrößert eine niedrige Tiefpassfrequenz die Zeitverzögerung zwischen Soll- und Positionswert.

15 Fehlersuche

Bei Nicht- oder Fehlfunktion des Gerätes trotz scheinbar intakter Anzeigen kontrollieren Sie bitte die Kabel auf Beschädigung oder Kurzschlüsse. Starke Zugbelastungen an den Steckern können zu Unterbrechungen führen.

Fehler	**Mögliche Abhilfe**
keine Reaktion beim Einschalten	Überprüfen Sie die Spannungszuführung an der Geräte-rückseite. Ist der Netzhauptschalter eingeschaltet (dieser befindet sich an der Rückseite des Gerätes)? Zwischen Netzbuchse und Netzschalter befinden sich 2 Sicherungen, die überprüft werden sollten. Im Falle eines Defekts bitte nur Sicherungen gleichen Wertes und Typs einsetzen!
UDL/OVL-LEDs blinken	Überprüfen Sie, ob der Aktor richtig angesteckt und die Verriegelungsschrauben des SUB-D Steckers angezogen sind. Kontrollieren Sie bitte die Kabel auf Beschädigung.
UDL/OVL-LEDs im geregelten Betrieb (closed loop) leuchten auf	Überprüfen Sie die mechanische Ankopplung des Aktors an die Peripherie. Es liegt möglicherweise eine mechanische Blockierung bzw. ein Anschlag des Aktors vor. Auch eine zu starke Belastung des Antriebes führt dazu, dass er seine vorgegebene Position nicht erreicht. Lösen Sie den Aktor von der Peripherie. Sind die LEDs erloschen, lag einer der o.g. Fehler vor. Hinweis Einbaulage: Hängenden Aufbauten bzw. Aktoren upside down können ebenfalls Probleme verursachen.
Aktor schwingt bei in closed loop in Resonanzfrequenz	Reglereinstellungen überprüfen, ki reduzieren, kd reduzieren
zurückgelesene Messwerte differieren um festen Betrag von digitaler Sollwertvorgabe	Schalten Sie den analogen Modulationseingang ab mit dem Befehl ***modon,Kanal,0***. Dieser kann eventuell Störungen oder eine Sollwert-Offset verursachen.
Aktor bewegt sich nicht trotz analoger Modulation über den MOD-Eingang	Schalten Sie den analogen Modulationseingang ein mit dem Befehl ***modon,Kanal,1***
Angezeigte Werte bzw. über die Schnittstelle ausgegebene Werte entsprechen nicht dem Signalverlauf	Es treten eventuell Alias-Effekte auf: wenn die Ausleserate geringer ist als die halbe Arbeitsfrequenz (Unterabtastung), treten Alias-Effekte auf. Diese wirken sich nur auf die Anzeige aus, nicht auf das reale System.

Tabelle 9: Fehlerquellen

15.1 Fehlerregister

Das Fehlerregister ist ein 8bit Register, wobei die einzelnen Bits die verschiedenen Fehler beim Betrieb des **d-Drive^{pro}** beschreiben. Wenn ein Fehler auftritt, ändert sich das Fehlerregister und es wird automatisch eine Fehlermeldung über die Schnittstelle zum Computer gesendet:

„error**,Fehlernummer**“ CR LF.

Bit	Beschreibung
0	Aktor 1 ist in Übersteuerung
1	Aktor 1 ist in Untersteuerung
2	Aktor 2 ist in Übersteuerung
3	Aktor 2 ist in Untersteuerung
4	Aktor 3 ist in Übersteuerung
5	Aktor 3 ist in Untersteuerung
6,7	nicht benutzt, statisch 0

Tabelle 10: Fehlerregister

15.2 Kommandofehlerregister

Das Kommandofehlerregister ist ein 16bit Register, wobei die einzelnen Bits die verschiedenen Fehler bei der Befehlseingabe beschreiben. Wenn ein Fehler auftritt, ändert sich das Register und es wird automatisch eine Fehlermeldung über die Schnittstelle zum Computer gesendet:

Bit	Beschreibung
0	Kommando zu lang
1	Parameter zu lang
2	zu viele Parameter
3	Kommando nicht gefunden
4	Anzahl Parameter falsch
5	falscher Parameter
6	Kommandozeile zu lang
7	intern benutzt
8	intern benutzt
9	leeres Kommando
10	falscher Kanal ausgewählt
11	Datei nicht gefunden
12	intern benutzt
13	falsches Gerät
14	falsches Datumsformat
15	falsches Zeitformat

Tabelle 11: Kommandofehlerregister

Das Zahlenformat kann über den Befehl ***ssedh,0…1*** auf Interger (error,2) bzw. Hex (error,0x02) eingestellt werden.

16 Technische Daten Gesamtsystem

Gesamtgerät	
Eingangsspannung	90 - 240 VAC / 50 - 60 Hz
Eingangsstrom	typ. 2,4A @ 120V typ. 1,2A @ 230V
Leistungsaufnahme	max. 175W (Volllast)
Standby-Strom	<1mA
Power On - LED	grün blinkend = Standby grün = ON
Status-LED	orange = beschäftigt grün = ok.
Netzsicherung	2x T6,3A / 250V 5x20mm
Netzanschluss	IEC-60320 C13
Überlastungsschutz	kurzschlussfest, Temperatursicherung
Besonderheiten	Standby, aktive Kühlung, Auto Power On
Betriebstemperatur	max. 35°C / 98F (<308K)
zul. Luftfeuchtigkeit	max. 90% RH, nicht kondensierend
Kanäle	
Anzahl Kanäle	3
Ausgangsspannung*	-20…+130V (+130V…-20V für nanoX™-Aktoren)
Ausgangsstrom* (Konstantstrom)	120mA (2x 60mA für nanoX™-Aktoren) (optional: ein Kanal 300mA)
Ausgangsspannungsrauschen	<0,15mV$_{RMS}$
Aktoranschluss*	15pol. SUB-D Stecker
Positionssensoren	DMS, kapazitiv (kundenspezifische Sensoren anpassbar)
Modulationseingang*	0 ... +10V (abschaltbar)
Eingangsimpedanz	25kΩ
Monitorausgang*	0 ... +10V (Signalquelle programmierbar)
Ausgangsimpedanz	50Ω
Triggereingang*	0V/3,3V (Eingangswiderstand 1,5kΩ)
Triggerausgang*	0V/5V (Ausgangsstrom ±25mA)
MOD/MON/TRG-Buchse*	9pol. SUB-D Buchse

Reglerarchitektur*	PID frei programmierbar
OL/CL-LED*	grün = betriebsbereit / open loop gelb = closed loop gelb blinkend = Overload / Underload
Besonderheiten*	Anstiegsbegrenzung, Kerbfilter, Tiefpass, Trigger-I/O, ASI, ASC, integrierter Funktionsgenerator, Übertemperaturschutz, Kurzschlussschutz
Schnittstellen	
Typen	RS232, USB, Ethernet (optional CAN, RS485, RS422)
Auflösung	24bit
Baudrate	115200baud
Gehäuse	
Maße (BxHxT)	450 x 105 x 380 $(mm)^3$
Einheiten	84TE 2HE
Gewicht	5Kg
Besonderheiten	aktive Kühlung, temperaturgeregelt
alternative Befestigung	Montagewinkel für Industriegehäuse

*Legende: * = pro Kanal* *Tabelle 12: Technische Daten*

17 Anschlussbelegungen

ANALOG: 9pol. SUB-D Buchse

Pin	Bezeichnung	Beschreibung
1	MON+	Monitorausgang 0...+10V
2	MON-	Signalmasse
4	MOD+	Modulationseingang 0...+10V
5	MOD-	Signalmasse
7	TRG_OUT	Triggerausgang
8	DGND	Digitalmasse für Trigger
9	TRG_IN*	Triggereingang

*Legende: * = optional* *Tabelle 13: Pinbelegung Analog*

PIEZO: 15pol. SUB-D Stecker

Pin	Bezeichnung	Beschreibung
1,2,11	AGND	Analogmasse
3	+15V *	+Betriebsspannung Messsystem
4,14	GND	Digitalmasse
5	SDA	I²C Bus SDA
6	5Veeprom *	Betriebsspannung ID-Chip
7	Vout2	Aktorsteuerspannung 2 +130...-20V für nanoX
8	Vout	Aktorsteuerspannung -20...+130V
9	+MESS	Positionssignal -8...+8V
10	-15V *	-Betriebsspannung Messsystem
12	SCL	I²C Bus SCL
13	DETECT	Aktordetektor
15	Piezomasse	Aktormasse

*Legende: * = nicht für externen Gebrauch* *Tabelle 14: Pinbelegung Piezo*

Über diesen Stecker wird der Aktor angeschlossen. Es gehen gleichzeitig die Steuerspannung zum Piezoaktor, das vom integrierten Messsystem generierte Positionssignal zum digitalen Regler und die im ID-Chip des Aktors gespeicherten spezifischen Kennwerte seriell zum DSP. Wichtig ist, dass die Verriegelungsschrauben der SUB-D Griffschale an der Frontplatte angeschraubt sind. Sowohl die gefährlichen Spannungen als auch die übrigen Versorgungsspannungen werden nur bei angestecktem Aktorstecker freigeschalten. Bei abgezogenem Steckverbinder werden die gefährlichen Spannungen durch ein Sicherheitsrelais von der Quelle getrennt.

RS232: 9pol. SUB-D Buchse

Pin	Bezeichnung	Beschreibung
2	TxD	RS232 Sender
3	RxD	RS232 Empfänger
5	GND	RS232 Masse

Tabelle 15: Pinbelegung RS232

USB: Stecker Serie A

Pin	Bezeichnung	Beschreibung
1	VCC	Betriebsspannung +5V
2	D-	Daten -
3	D+	Daten +
4	GND	Betriebsspannungsmasse

Tabelle 16: Pinbelegung USB

18 Wichtige Informationen

Das Gerät wird vor der Auslieferung kalibriert. Die Aktoren mit integriertem Messsystem sind kalibriert und besitzen zusätzlich einen ID-Chip, in dem alle aktorspezifischen Werte abgespeichert sind. Diese werden beim Einschalten an den jeweiligen Verstärker übergeben (plug & play).

Zur Durchführung hochgenauer Verstellungen im sub-µm Bereich ist es sinnvoll, das Gerät ca. 2 Stunden vor der Messung in Betrieb zu nehmen. Erst nach dieser Zeit haben sich stabile Temperaturverhältnisse eingestellt. Die höchste Auflösung und Genauigkeit ist mit der digitalen Sollwertvorgabe erreichbar. Aus diesem Grund sollte der analoge Modulationseingang deaktiviert werden, wenn dieser nicht benutzt wird.

Vorteilhaft für präzise Positionieraufgaben wirkt sich eine konstante Umgebungstemperatur aus. Bedenken Sie, dass Temperaturänderungen von $\Delta T = 5K$ bei Stahl mit einer Länge von 20cm eine Längenänderung von ca. 13µm hervorrufen. In unserer "Piezofibel" sind die grundlegenden Eigenschaften von Piezoaktoren ausführlich beschrieben. Zusätzliche Informationen finden Sie auf unserer Homepage. Für weitere Informationen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung. Das Gerätekonzept erlaubt dem Kunden individuelle Anpassungen des Systems bezüglich der technischen Eckwerte wie z.B. Regelparameter. Um Möglichkeiten für Ihr spezielles Problem zu finden, kontaktieren Sie bitte unseren technischen Service.

19 Ihre Notizen

piezosystem jena
unglaublich präzise

Table of contents

1. introduction ... 43
2. certification of *piezosystem jena* ... 43
3. declaration of conformity ... 43
4. purchased part package ... 43
5. instructions for using piezoelectric elements and power supplies ... 44
6. safety instructions ... 45
6.1. installation, power supply ... 46
6.2. operation ... 46
6.3. maintenance and inspection ... 47
6.4. environmental conditions ... 47
7. instructions for checking the function of the system / quick start ... 47
8. how to operate the digital system *d-Drive*^{pro} ... 48
8.1. common introduction ... 48
8.2. function groups ... 49
8.2.1. operator controls ... 49
8.2.2. block diagram ... 50
8.2.3. digital controller ... 51
8.2.4. MOD/MON ... 52
9. communication ... 54
9.1. communication via RS232 ... 54
9.2. communication via USB interface ... 55
9.3. communication via Ethernet ... 55
9.4. firmware update ... 56
10. commands ... 56
10.1. commands in Standby-mode ... 56
10.2. commands in ON-mode ... 58
10.3. function generator ... 62
10.3.1. sweep generator ... 63
10.3.2. arbitrary generator ... 64
10.3.3. vector generator ... 66
10.4. output of trigger signals ... 67
10.4.1. extended trigger functions ... 67
10.4.2. edge detecting ... 68
10.5. data recorder ... 69
11. status register ... 70
12. configuration register ... 71
13. handling ... 71
14. controller adjustment ... 72
15. troubleshooting ... 73
15.1. error register ... 74
15.2. command error register ... 74
16. technical data *d-Drive*^{pro} ... 75
17. pinning ... 76
18. important information ... 78
19. your notes ... 79

1. introduction

This manual describes the ***d-Drive^{pro}*** piezo digital system from ***piezosystem jena***. You will also find additional information regarding piezoelectric products.

Definition: All systems from ***piezosystem jena***, such as electronics, actuators and optical systems, are called “units”.

If you have any problems please contact the manufacturer of the system: ***piezosystem jena GmbH***, Stockholmer Strasse 12, 07747 Jena. Phone: +49 36 41 66 88-0

2. certification of *piezosystem jena*

The company, ***piezosystem jena*** GmbH, has worked according to a DIN EN ISO 9001 certified quality management system since 1999. Its effectiveness is verified and proven by periodic audits by the TÜV.

This instruction manual includes important information about using piezo actuators. Please take the time to read this information. Piezo positioning systems are mechanical systems that offer the highest precision. Correct handling guarantees the maintenance of this precision over a long period of time.

3. declaration of conformity

The document *Declaration of Conformity* you can find on our homepage:
www.piezosystem.com/piezo_actuator_nanopositioning/downloads_publications/technical_information/declaration_of_conformity/

4. purchased part package

Please check the completeness of the delivery after receiving the shipment:

- digital system ***d-Drive^{pro}***
- MOD/MON cable
- power cable
- RS232 cable
- USB cable
- instruction manual
- CD-ROM with drivers, software and instruction manual

5. instructions for using piezoelectric elements and power supplies

- Piezoelectric actuators from ***piezosystem jena*** are controlled by voltages of up to 150 V. These values can be quite hazardous. Therefore, read the installation instructions carefully and ensure that only authorized personnel handle the power supply.
- After transportation, piezoelectric actuators should be allowed to adapt to room temperature for approximately 2 hours before being switched on.
- Piezoelectric actuators are made from ceramic materials with and without metallic casings. The piezo-ceramic is a relatively brittle material. This should be noted when handling piezoelectric actuators. All piezo elements are sensitive to bending or shock forces.
  Due to the piezoelectric effect, piezo actuators can generate electrical charges by changing the mechanical load or the temperature, or by such actions as those described above.
- Piezoelectric actuators are able to work under high compressive forces. Only actuators with a pre-load can be used under tensile loads (these tensile forces must be less than the pre-load, given in the data sheet). Please note that the acceleration of the ceramic material (e.g., caused by fall down, discharging, or high dynamic application) will occur.
- After excitation of the actuators by a voltage in the upper control range, the ceramic will move and generate an opposite high voltage after disconnection.
- Heating of the ceramic material will occur during dynamic operation and is caused by structure conditional loss processes. This may cause failure if the temperature exceeds the specified values cited below. With increasing temperature, up to the Curie temperature T_C (usual values approx. 140°C to 250°C), the piezoelectric effect disappears. We recommend working in temperatures up to $T_C/2$ (normally up to 80°C).
- Piezoelectric actuators, such as stacks or other devices, work electrically as a capacitor. These elements are able to store electrical energy over a long period of time (up to some days) and the stored energy may be dangerous.
- If the actuator remains connected to the drive electronics, it will be unloaded within a second after shutdown and quickly reaches harmless voltage values.
- Piezo actuators can only generate voltages by warming or cooling (caused by the longitudinal change). The discharge potential should not be ignored due to the inner capacitance. This effect is insignificant at room temperature.
- Piezo actuators from ***piezosystem jena*** are adjusted and glued. Any opening of the unit will cause misalignment or possible malfunction, and will result in the invalidation of the guarantee.
- Please only use original parts from ***piezosystem jena***.
- Please contact ***piezosystem jena***, or your local representative, if there are any problems with your actuator or power supply.

Caution!

Shock forces may damage the built-in ceramic elements. Please avoid such forces, and handle the units with care, otherwise the guarantee will become invalid.

6. safety instructions

Icons:

RISK OF ELECTRIC SHOCK! Indicates that a risk of electric shock is present and the associated warning should be observed.

CAUTION! REFER TO OPERATOR´S MANUAL – Refer to your operator's manual for additional information, such as important operating and maintenance instructions.

RISK OF ELECTRIC SHOCK!

- Do not open the units! There are no user serviceable parts inside and opening or removing covers may expose you to dangerous shock hazards or other risks. Refer all servicing to qualified service personnel.
- Do not spill any liquids into the cabinet or use the units near water.

CAUTION!

- Allow adequate ventilation around the units so that heat can properly dissipate. Do not block ventilated openings or place the units near a radiator, oven, or other heat sources. Do not put anything on top of the units except those that are designed for that purpose (e.g. actuators).
- Only work with the units in a clean and dry environment! Only specially prepared units (e.g. actuators) can work under other conditions!
- Please only use original parts from ***piezosystem jena***. ***piezosystem jena*** does not give any warranty for damages or malfunction caused by additional parts not supplied by ***piezosystem jena***. Additional cables or connectors will change the calibration and other specified data. This can change the specified properties of the units and cause them to malfunction.
- Piezo elements are sensitive systems capable of the highest positioning accuracy. They will only demonstrate their excellent properties if they are handled correctly! Please mount them properly only at the special mounting points.

Immediately unplug your unit from the wall outlet and refer servicing to qualified service personnel under the following conditions:

- when the power cable or plug is damaged
- if liquid has been spilled or objects have fallen into the unit
- if the unit has been exposed to rain or water
- if the unit has been dropped or the housing is damaged

6.1. installation, power supply

RISK OF ELECTRIC SHOCK

- Do not insert or unplug the power plug with wet hands, as this may result in electrical shock.
- Do not install in rooms where inflammable substances are stored. If flammable substances come into contact with electrical parts inside, it could result in fire or electrical shock.
- Do not damage or modify the power cord. Also, do not place heavy objects on the power cord, or pull on or excessively bend it, as this could cause electrical damage and result in a fire or electrical shock.
- Always grasp the plug portion when unplugging the power cord. Pulling on the power cord may expose or snap the core wire, or otherwise damage the power cord. If the cord is damaged, this could cause an electricity leak and result in a fire or electrical shock.

CAUTION!

- Do not use accessories other than the ones provided. Only plug the power cord into grounded power equipment and sockets.
- Do not place heavy objects on any cables (e.g. power cords, sensor cables, actuator cables, optical cables).
- Do not block ventilated openings or place the units near a radiator, oven, or other heat sources.
- Plug in the power cord completely so that it cannot loosen inadvertently.
- Leave sufficient space around the power plug so that it can be unplugged easily. If objects are placed around the power plug, you will be unable to unplug it in an emergency.
- Install the system so that the power switch is easily accessible at all times.
- The power plug is the cut-off point to the main power supply.

6.2. operation

RISK OF ELECTRIC SHOCK!

- Do not open the units! There are no user serviceable parts inside and opening or removing covers may expose you to dangerous shock hazards or other risks. Refer all servicing to qualified service personnel.
- Do not spill inflammable substances inside the unit. If these items come into contact with an electrical component inside the unit, it may result in a fire or electrical shock.

CAUTION!

- If the voltage amplifier emits smoke, high heat, or unusual smells, immediately turn off the power switch and unplug the power plug from the outlet. Then contact our technical service.

6.3. maintenance and inspection

CAUTION! ⚠

- Before cleaning the exterior box of the voltage amplifier, turn off the power switch and unplug the power plug. Failure to do so may result in a fire or electrical shock.
- Clean the exterior box using a damp cloth that has been firmly wrung-out. Please do not use alcohols, benzene, paint thinner or other inflammable substances. If flammable substances come into contact with an electrical component inside the voltage amplifier, it may result in a fire or electrical shock.

6.4. environmental conditions

The amplifier can be used:

- indoors only
- at an altitude up to 2000 m
- at a temperature of 5 to 35 °C
- at a relative humidity of 5 to 95% (non-condensing)

The recommended environmental conditions:

- indoors only
- at an altitude up to 2000 m
- at a temperature of 20 to 22 °C
- at a relative humidity of 5 to 80% (non-condensing)

7. instructions for checking the function of the system / quick start

When you open the package, please check to make sure all the necessary parts are included (see packing list) and nothing is damaged.

Check the electronics and the actuator for any visible damage:

- The top and bottom plates of the actuator (if it does not have another shape) should be parallel each to each other, and not contain any scratches.
- If there is any damage to the system please contact our local representative immediately!
- If the packaging material is damaged please confirm this with the shipping company.
- Ensure that the main voltage supplied in your country is the same as the one installed for the system (check the voltage label on the backside of the power supply).
- The power switch should be in the off position.
- Connect the power supply.
- Connect the piezo actuator by using the D-SUB 15pin connector. Be sure that the cables is connected properly to the electronic.
- Turn on the power supply on the back side (Standby). The device is booting while the LED “status” lights are orange. If the LED goes off, the device is in standby. The POWER-button on the front plate flashes green.
- Turn on the device with the „POWER“ button on the front panel from standby mode to ON-mode. The device performs a short function test. During this period the „status“ LED lights up in orange. After the color of the status LED changes to green. The **d-Drive*pro*** is now ready for operation.

- On a channel, where an actuator is connected, the yellow light diode „OL/CL“ flashes. After three seconds the light diode flashes permanent in green and the amplifier is operational.
- If an actuator with a measurement system is connected, you can switch on the closed-loop operation by pressing the „OL/CL“ button. The light diode of the channel lights in yellow when this is done.
- Switch off the power supply by pressing the POWER button longer than one second.
- If the system is switched off a long time (longer than 1 day), please switch off the switch on the back side of the system.
- The function check is complete.
- If there were errors during the procedure, read the *troubleshooting* chapter.

8. how to operate the digital system *d-Drive*^{pro}

8.1. common introduction

The new digital generation of piezo controllers of ***piezosystem jena***, ***d-Drive***^{pro}, combines the highest positioning accuracy with a unique handling comfort controlled by a PC. It was specially developed for three channel functions. With the fast Digital Signal Processor (DSP) many functions are possible.

The ***d-Drive***^{pro} provides exchangeability between actuators and control electronics. All relevant data are saved on the ID-chip on the actuator and transferred to the controller. Therefore, it is possible to use a calibrated actuator from ***piezosystem jena*** with different systems.

We also implemented helpfully features, such as slew rate, notch filter and low pass filter. A built-in function generator offers sine, triangular, and square functions, as well as noise and sweep. New features on the ***d-Drive***^{pro} include the freely programmable arbitrary and vector generator. For this a SD-card is integrated, which self-generated arbitrary and vector files can be saved. The actuators are separable and exchangeable, due to integrated ID-information. The actuator type, linearity optimization, and PID-settings are stored on an ID-chip in the actuator’s plug. The calibration is done with an integrated pre-amplifier.

In connection with the comprehensive function generator, various trigger outputs can also be generated. The new designed wobble function generator provides perfect support for the recording of resonant frequencies of the whole system.

The handling of the integrated SD-card is similar to the handling of standard removable drives such as a USB port. On this medium, example files for the arbitrary and vector generator can be saved. Furthermore the user manual and the USB driver are also stored.

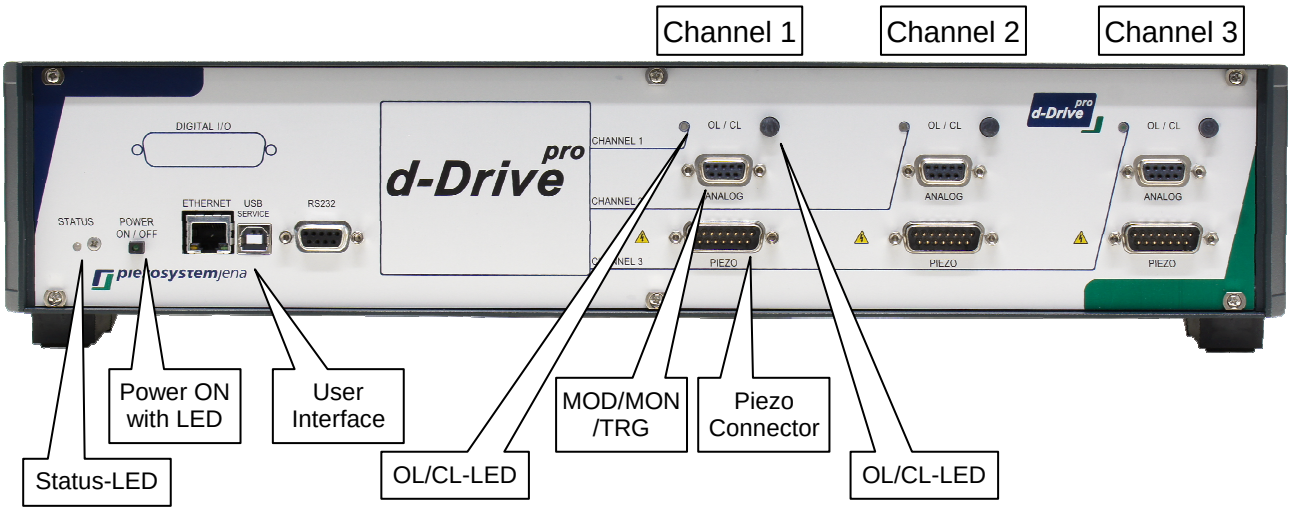
All these functions and the 24bit resolution with 50 kSa (50 kHz sampling rate) make the ***d-Drive***^{pro} an excellent choice for more axes nano-positioning and scanning applications, including scanning microscopy, metrology, surface profiling, cell tracking, nanotechnology, and many other applications.

8.2. function groups

The ***d-Drive***^{pro} consists of the following function groups:
For the processing of analog signals as the measurement system or modulation input, 18 bit (optional 20 bit) AD converter is provided. Due to the quick processing of the digital signals with FPGA (Field Programmable Gate Array), an oversampling of 24 bit with a sampling rate of 50 kSa can be reached. The processing of the digital values occurs in a fast DSP (Digital Signal Processor), where the data is prepared and feed into the PID modulator. Here is where the comparison between the nominal and current values occurs. The function generator is produced here. The calculated modulator output value is being re-converted into a voltage over an 18 bit DA converter and added to the power end stage. The end stage contains two channels, the normal output for standard-actuators and the nanoX-output (inverse operation) for nanoX actuators.
The actuator output voltage comes through a relais-secured 15pin DSUB connector on the front panel. For nanoX actuators there are 2x 60mA charging currents, for non-nanoX actuators 120mA. Optionally, a channel can supply 2x 150mA / 300mA. Then the other two channels can supply 120 mA. Please pay attention that in this configuration the total current of does not exceed 360mA.
The connected actuator has an ID-chip, which is read out by the controller. The stored parameters are feed to the DSP. Then, the gained sensor signal of the measurement system is transmitted over the connector and relayed to the AD converter (closed-loop actuators).
The main controller regulates all groups of components and monitors the interface.
An intelligent power supply generates all the needed voltages in the system and switch them on or off sequentially.

8.2.1. operator controls

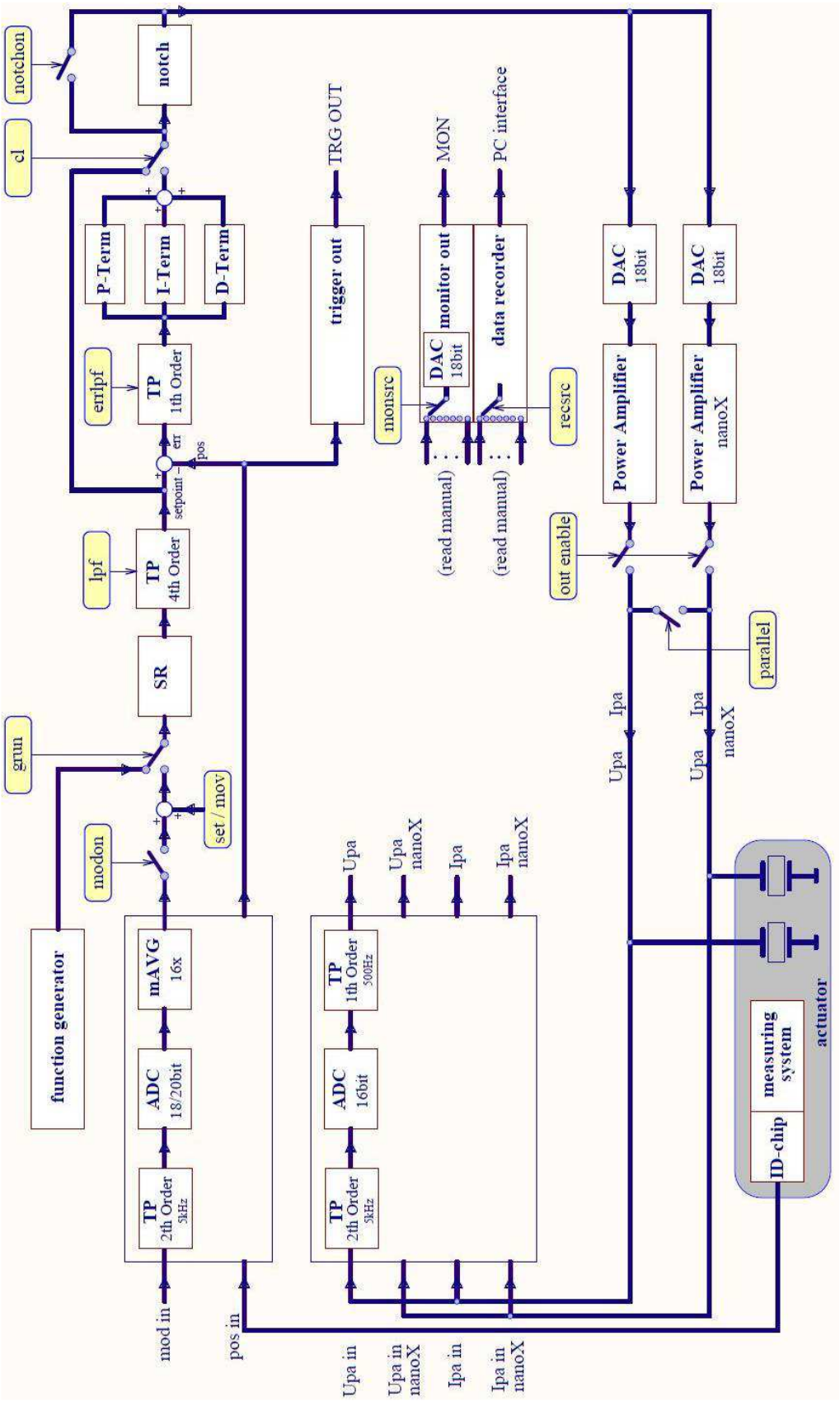
The following sketch shows the operator controls of the ***d-Drive***^{pro}:



sketch 1: operator controls

8.2.2. block diagram

The following sketch shows the function groups of the ***d-Drive***^{pro}:



8.2.3. digital controller

The command for the controller consists of the analog signal applied to the MOD input and the digital value via commands. The slew rate of the amplifier can be adapted to your system using the "slew rate" limit or the 4th order low pass filter, i.e. frequencies which might stimulate resonances can be suppressed before they interfere with the closed loop. The slew rate setting value is adjustable.

The PID-controller calculates the difference between the setpoint and the value from the measurement system (pos):

err = setpoint – pos	setpoint = command pos = position signal err = deviation

The proportional term (P-term) amplifies the control deviation without reducing frequency and drives the controller until the difference between the sensed motion and the command is adjusted.

yp = kp * err	kp = adjustable gain yp = output of p-term

The P-controller can't eliminate the error completely, because it needs a deviation to drive. To minimize the permanent offset of the P-term, an integral action (I-term) is required. ki is the time constant governing the time it takes for the output to get to a certain value. For a step input it is the time taken for the output to equal the input.

yi = 1/ki * err * Ts	Ts = 1/sample frequency (50 kHz) ki = time constant yi = output of I-term

In general the differential term (D-term) combats ringing (it adds damping) and increases the reaction speed of the PI–controller:

yd = kd * 1/Ts * (err – err[n-1])	err[n-1] = control deviation previous sample kd = differential time constant yd = output of D-term

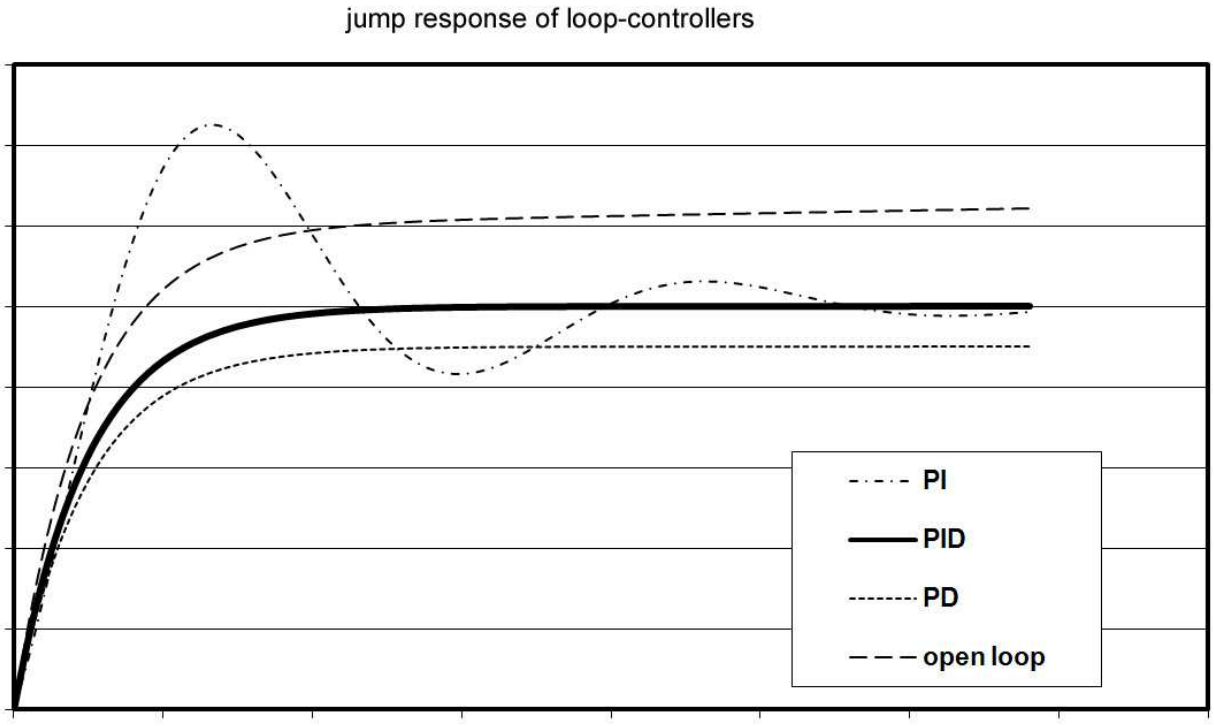
Be careful when using the D-term, because stochastic errors, like noise, cause extreme reactions.

The sum of these 3 terms generates a PID–control function. The output of the controller is the set value for the power amplifier to drive the piezo actuator:

y = yp + yi + yd	y = output of PID-controller

In open loop the PID-controller is bridged and the command input controls the amplifier.

The following sketch describes the step response of the different terms:



sketch 3: transfer function

When using a notch filter, the main resonant frequency will be damped by another order of magnitude. While using open loop you can also switch on the notch filter to reduce stimulation of the resonant frequency. Using the notch filter might increase noise.

The PID-specific parameters, kp, ki and kd, are stored in the actuator's ID-chip by default. These parameters will work for most applications. Depending on your special application and load, the mechanical response can be optimized.

8.2.4. MOD/MON

modulation input: MOD

The motion of the actuator can be remotely controlled using this input. The control signal must be in the range of 0 to +10V. There is an internal addition of the MOD signal and the present digital set value. To prevent external signals from influencing any parameter, please switch off the analog modulation input when it's not used (*modon,channel,0* see 10.2 commands in ON-mode).

! In function generator mode the modulation input is permanently switched off !

monitor output: MON

With a special command, many different system signals can be shown. The voltage range of 0 to +10V is available at this socket and can be monitored by using an oscilloscope. Pay attention to the inner resistance of the monitor output.

command	Parameter	*internal variable*
monsrc	0 = position in closed loop	Upos[CL]
	1 = reference input	Uset
	2 = PID command voltage	Uact
	3 = closed loop deviation including sign	Uerr
	4 = absolute closed loop deviation	Uerrabs
	5 = position in open loop	Upos[OL]
	6 = actuator voltage	Upa1
	7 = actuator current	Ipa1
	8 = actuator voltage NanoX	Upa2
	9 = actuator current NanoX	Ipa2

table 1: monitor source

! Please note the internal resistance of the monitor output. The electrical characteristics are shown in chapter 16 *technical data d-Drivepro*!

0 (Upos[CL]) position voltage in closed loop, it means an actuator with 80 µm in closed loop generates 0 to +10 V (= 8 µm/V or 0.125 V/µm)

1 (Uset) the reference input, sum of the analog signal applied to the MOD input and the digital value via set command

2 (Uact) output of the controller, set value for the power amplifier

3 (Uerr) closed loop control deviation including sign: the value can be positive or negative:

Uerr = Uset – Upos

Uset = 0 to +10V
Upos = 0 to +10V
Uerr = -10V to +10V

To generate an output of 0 to +10 V the control deviation is divided by 2 and added by +5 V. To calculate the control deviation back from the measured monitor voltage, take the following formula:

Uerr = (Umon – 5V) * 2

Uerr = -10V to +10V
Umon = 0 to +10V

If the controller is properly adjusted the value is +5 V.

4 (Uerrabs) absolute closed loop control deviation:

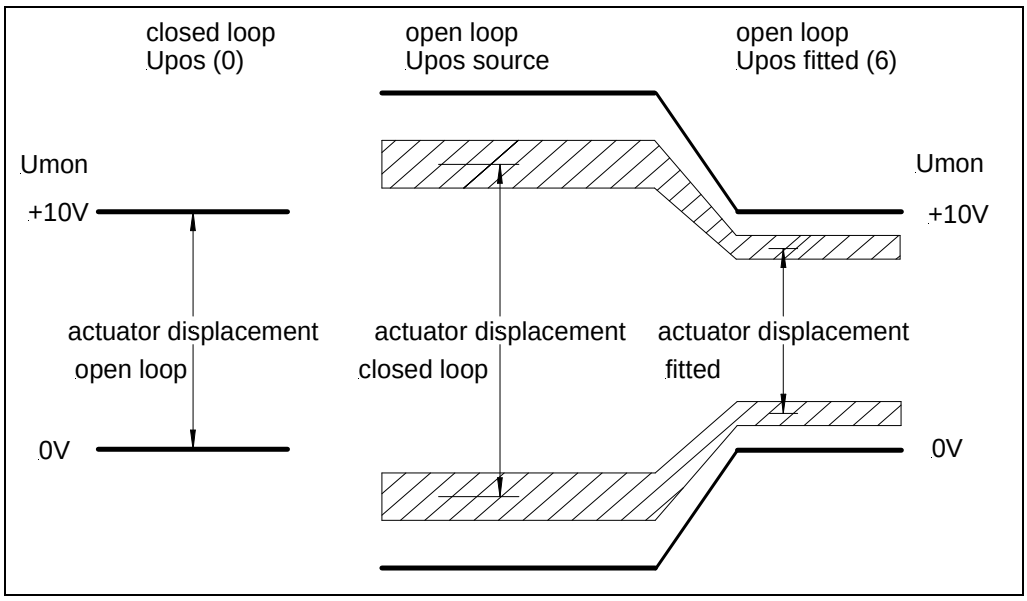
|Uerr| = Uset – Upos |Uerr| = 0 to +10V

5 (Upos[OL]) The position voltage in open loop (OL) is greater than in closed loop. The monitor voltage would be smaller than 0 V and greater than +10 V. The value gets adjusted. To calculate the open loop position voltage back from the measured monitor voltage, use the following formula:

Upos(OL) = (Umon – 2.5V) * 2

6 (Upa1) the actuator voltage -20 V to +130 V of amplifier 1 converts to 0 to +10 V; to calculate the actuator voltage 1 back from the measured monitor voltage, take the following formula:

Upa1 = (Umon * 15) – 20V



sketch 4: monitor output

7; Ipa1 The directly measured actuator current output (output end stage1). -500 to +500mA corresponds to 0V to +10V monitor voltage.

8; Upa2 The directly measured actuator current output (output nanoX end stage) (see point 6)

9; Ipa2 The directly measured actuator current output (output nanoX end stage) (see point 7).

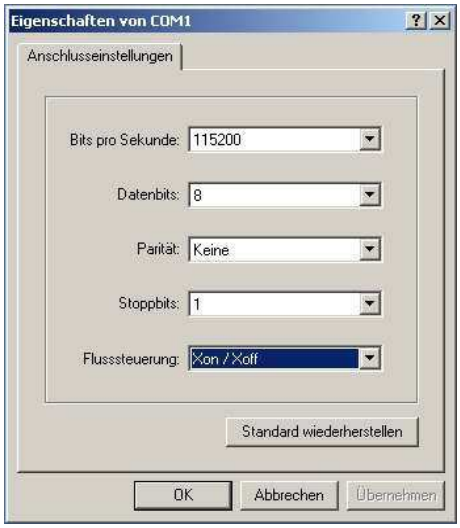
The default setting is the position value in closed loop (0).

9. communication

9.1. communication via RS232

The ***d-Drive**pro*** can easily communicate with your PC with the use of a terminal program (for example “hypertrm.exe” with Windows XP, please refers to your operating system’s manual).

A serial connection cable (included) is required to connect to your computer. The following settings are needed:



115200 baud, 8 bit, no parity, 1 stop bit, no handshake

All commands and responses of the system are encoded in ASCII-code, enabling easy reading and writing.

9.2. communication via USB interface

Two drivers are necessary to use the device. The first is responsible for the USB connection between PC and digital amplifier unit, the second is responsible for communication by the RS232 (COM) interface.

Please use the document for installation “Installation USB d-DrivePro.pdf”. You can download it here:

http://www.piezosystem.com/nanopositioning/downloads_publications/technical_information/drivers_and_programs/

9.3. communication via Ethernet

To use TCP/IP, different parameters have to be adjusted. The adjustment can be done in standby or during operation. A RS232 or USB connection with the host computer. The connection setup is described in the sections 9.1 and 9.2.

The following parameters are all preset (default):

- IP address: 192.168.010.050
- Sub-Mask: 255.255.255.000
- Port: 9000
- Gateway: 000.000.000.000

To build communication to the customer network, these parameters may have to change. One way is to switch on the DHCP. For that the connected network needs to have an active DHCP server. If no server is active or PC is connected directly over Ethernet, the parameters need to be adjusted over the commands mentioned below (ipaddr, submask, port, gwaddr, please see instruction set in chapter 10). If you have any questions regarding the TCP/IP installation, please contact your network administrator.

9.4. firmware update

piezosystem jena develops its devices further and also addresses individual customer wishes. There are some firmware updates from time to time, which you can download from our website. First you should download and install the ServiceTool. After the START, the connection to the ***d-Drive***^{pro} occurs over an interface. With the tab „FW Update“, you can activate an automatic update of the firmware for the ***d-Drive***^{pro}. A help file supports you in choosing.

10. commands

There are two groups of commands to use.

global commands refer to the characteristics of the complete device. They consist of the <command> and a potential <value>, separated by comma and closed by enter. The current adjusted value can be read out by entering the <command>, followed by enter.

channel depended commands refer to parameters of single amplifier channels 1 to 3. They consist of <command>, <channel> and <value>. The separation occurs by comma and is closed by enter.
The current adjusted value can be read out by entering the <command> and the channel separated by comma, followed by enter.

10.1. commands in Standby-mode

To set the device from the turn-off mode (all LEDs on the front panel are turned off) in standby mode, please plug in the power supply and turn on the power switch, which is situated on the back panel. The device is booting up as long as the status LED lights orange. If the LED goes off, then the device is in standby mode. The LED of the power button on the front panel flashes green. In this state the ***d-Drive***^{pro} can receive commands over a selected interface. A variety of the possible commands are given in the summary in table 2:

global commands: <command>,<value> *Enter*

<command> *Enter* without value displays the current value.

command	**description**	**value**	**read/ write**
s	shows all available commands		r
onoff	switch the device on/off (off=Standby)	0 – off (Standby) 1 – on	w
cinit	global reset	after reset device is in Standby	w
error	error request	error register 8bit	r
cerror	command error request	command error register 16bit	r
status	shows the state of all amplifiers	status register 32bit	r
config	shows the configuration of the device	configuration register 16bit	r
ipaddr	IP-address (necessary for network)	000.000.000.000 to 255.255.255.255 (default: 192.168.010.050)	r/w

submask	sub mask (necessary for network)	000.000.000.000 to 255.255.255.255 (default: 255.255.255.000)	r/w
port	port address (necessary for network)	0…9999 (default: 9000)	r/w
gwaddr	gateway address (necessary for network)	000.000.000.000 to 255.255.255.255 (default: 000.000.000.000)	r/w
dhcp	switch DHCP on/off	0 – off (default: 0) 1 – on	r/w
hostname	only necessary for active DHCP	max. 32 characters	r/w
datetime	set date and time	GE: DD.MM.YYYY, hh:mm:ss US: MM/DD/YYYY, hh:mm:ss	r/w
date	set date	GE: DD.MM.YYYY US: MM/DD/YYYY	r/w
time	set time	GE: hh:mm:ss US: hh:mm:ss	r/w
s_prompt	Prompt at empty command (*Enter*)	s_prompt,RS232,USB,TCP 0 – off 1 – on	r/w
s_okmsg	shows command acknowledgment „OK“ (RS232,USB,TCP)	s_okmsg,RS232,USB,TCP 0 – off 1 – on	r/w
s_status	automatical output of status (RS232,USB,TCP)	s_status,RS232,USB,TCP 0 – off 1 – on	r/w
s_error	automatical output of error (RS232,USB,TCP)	s_error,RS232,USB,TCP 0 – off 1 – on	r/w
s_cmderr	automatical output of command error (RS232,USB,TCP)	s_cmderr,RS232,USB,TCP 0 – off 1 – on	r/w
s_usb	USB prompt	max. 8 characters (default: USB)	r/w
s_rs2	RS232 promt	max. 8 characters (default: RS2)	r/w
s_tcp	Telnet prompt	max. 8 characters (default: TCP)	r/w
setg	switch between floating point and scientific format (config=8)	0 – floating point (default: 0) 1 – scientific	r/w
apon	switch on/off Auto-Power-On (config=16)	0 – off (default: 0) 1 – on	r/w
ssedh	status / error in hexadecimal format (config=32)	0 – integer 1 – hex	r/w
calsend	switch on/off the cyclic output of time per minute (config=1)	0 – off (default: 0) 1 – on	r/w
calreq	time request after Power-On (config=2)	0 – off (default: 0) 1 – on	r/w
calfor	Calendar format (config=4)	0 – GE 1 – US	r/w

dprp	switch on/off the cyclic output of the current position of one or all actuators	dprp,parameter,value value: 0 – off (default: 0) 1 – on parameter: 0 – channel 1 1 – channel 2 2 – channel 3 3 – all 3 channels	r/w
mtime	cyclic output of the current position in ms	50…999	r/w
fready	switch on/off the global softstart (config=64)	0 – off (default: 1) 1 – on	r/w
version	request on version numbers of all implemented firmwares	version,<controller number> 1 – main controller 2 – power supply controller 4 – front controller 8 – display controller 16 – communication controller 32 – DSP	r
vdate	request on version date of all implemented firmwares	vdate,<controller number> (see *version)*	r
serno	request on serial number of the device		r

table 2: global commands in Standby

10.2. commands in ON-mode

channel depended commands:

<command>,<channel>,<value> *Enter* channel = 0 to 2 (from left to right)

<command>,<channel> *Enter* without a value reads out the current value.

command	**describtion**	**value**	**read/ write**
rgver	displays the version number of loop-controller	number	r
fenable	enables the actuator soft start	0= soft start disabled 1= soft start enabled	r/w
sinit	initial set point after switching on	ol = 0 to 100% [V] cl = 0 to 100% [micron, mrad]	r/w
set	command value: actuator voltage(ol) displacement (cl)	-20 to 130.000 [V] 0 to xxx.xxx [micron] (maximum actuator displacement, see datasheet)	w
mov	command value in %: actuator voltage (ol) displacement (cl)	 0 to 100% [V] 0 to 100% [micron, mrad]	r/w
pos	position value request	[micron]	r
pos3	position value request of all three channels	input without channel number see pos	r
upa	actuator voltage request	[V]	r

upa3	actuator voltage request of all three channels	input without channel number see upa	r
mess	value request OL = actuator voltage CL = position value	 [V] [micron, mrad]	r
mess3	value request of all three channels (see mess)	input without channel number see mess	r
mess%	value request in % OL = actuator voltage CL = position value	 [% V] [% micron, % mrad]	r
umess	request on real measurement value	[V]	r
umess3	request on real measurement value of all three channels	input without channel number see umess	r
mod	request on modulation input voltage	[V]	r
mod3	request on modulation input voltage of all three channels	input without channel number see mod	r
sr	slew rate	0.0000002 to 500.0 [V/ms], related to the modulation voltage (0 to +10V)	r/w
modon	switch on/off the modulation input (MOD plug)	0 = off 1 = on	r/w
monsrc	switch different signal sources to MON (0 = default)	0 = position in closed loop 1 = reference input 2 = PID command voltage 3 = closed loop deviation including sign 4 = absolute closed loop deviation 5 = position in open loop 6 = actuator voltage 7 = actuator current 8 = actuator voltage NanoX 9 = actuator current NanoX	r/w
cl	toggle open loop / closed loop	0 = open loop 1 = closed loop	r/w
kp	proportional term	0 to 1000	r/w
ki	integral term	0 to 1000	r/w
kd	differential term	0 to 1000	r/w
sstd	set default values		w
notchon	switch on/off the notch filter	0 = off 1 = on	r/w
notchf	notch filter frequency	0 to 10000 [Hz]	r/w
notchb	bandwidth (-3dB)	0 to 10000 (max. 2 * notch_fr) [Hz]	r/w
lpon	low pass filter	0 = off 1 = on	r/w
lpf	low pass cut frequency	1 to 10000 [Hz]	r/w

gfkt	internal function generator	0 = off 1 = sine 2 = triangle 3 = rectangle 4 = noise 5 = sweep 6 = arbitrary 7 = vektor	r/w
gasin	generator amplitude sine	0 to 100 [%]	r/w
gosin	amplitude offset sine	0 to 100 [%]	r/w
gfsin	generator frequency sine	0.1 to 10000 [Hz]	r/w
grsin	Gen. sine starting angle	0 to 2π [rad]	r/w
gcsin	Gen. sine number of cycles	0 to 2^{32}-2 default=0 (permanent)	r/w
gatri	generator amplitude triangle	0 to 100 [%]	r/w
gotri	amplitude offset triangle	0 to 100 [%	r/w
gftri	generator frequency triangle	0.1 to 10000 [Hz]	r/w
gstri	symmetry of triangle	0.1 to 99.9 [%] default = 50 %	r/w
grtri	Gen. triangle starting angle	0 to 2π [rad]	r/w
gctri	Gen. triangle number of cycles	0 to 2^{32}-2 default=0 (permanent)	r/w
garec	generator amplitude rect.	0 to 100 [%]	r/w
gorec	amplitude offset rectangle	0 to 100 [%]	r/w
gfrec	generator frequency rectangle	0.1 to 10000 [Hz]	r/w
gsrec	symmetry of rectangle	0.1 to 99.9 [%] default = 50 %	r/w
grrec	Gen. rectangle starting angle	0 to 2π [rad]	r/w
gcrec	Gen. rectangle number of cycles	0 to 2^{32}-2 default=0 (permanent)	r/w
ganoi	generator amplitude noise	0 to 100 [%]	r/w
gonoi	amplitude offset noise	0 to 100 [%]	r/w
gaswe	generator amplitude sweep	0 to 100 [%]	r/w
goswe	amplitude offset sweep	0 to 100 [%]	r/w
gsswe	Gen. sweeping starting frequency	1.0 <= gsswe <= 10.0kHz	r/w
geswe	Gen. sweeping end frequency	1.0 <= gsswe < geswe <= 10.0kHz	r/w
gtswe	Gen. sweeping time	0.4 to 800 [s]	r/w
gcswe	Gen. sweeping number of cycles	0 to 2^{32}-2 default=0 (permanent)	r/w
gmswe	Gen. sweeping marker starting frequency	1.0 <= gsswe <= 10.0kHz	r/w
gnswe	Gen. sweeping marker end frequency	1.0 <= gsswe < geswe <= 10.0kHz	r/w
garbload	Gen. arbitrary file loading	garbload,path\file name	w
gsarb	Gen. arbitrary starting index	0 to 1000001	r/w
gearb	Gen. arbitrary end index	0 to 1000001	r/w
gcarb	Gen. arbitrary number of cycles	0 to 2^{32}-2 default=0 (permanent)	r/w
gtarb	Gen. arbitrary output factor	1 to 2^{32}-2	r/w
goarb	Gen. arbitrary offset	0 to (gearb - gsarb)	r/w
gvecload	Gen. vector file loading	gvecload,channel,path\file name	w
gcvec	Gen. vector number of cycles	0 to 2^{32}-2 default=0 (permanent)	r/w
grun	Generators start/stop alone or synchronously	grun,channel1,channel2,channel3 0 = stop 1 = start	r/w

garun	Switching on/off the AutoRun of the generators	garun,channel,value 0 = switch off 1 = switch on	r/w
trgss	trigger generation stroke position start	minimum: >0.2% of total stoke to maximum: total stroke minus 0.2% of total stroke [micron] or [mrad]	r/w
trgse	trigger generation stroke position end	minimum: >0.2% of total stoke to maximum: total stroke minus 0.2% of total stroke [micron] or [mrad], always keep: trgse > trgss !	r/w
trgsi	trigger generation position intervals	in % CL-stroke >0.05% of total stroke in closed loop [micron] or [mrad]	r/w
trglen	duration of trigger impulses	n*20µs n=1 to 255	r/w
trgedge	trigger generation edge	0= trigger off 1= trigger at rising edge 2= trigger at falling edge 3= trigger at both edges 4= reversal motion 5= inverted as 4 7= length of impulse as 4 ***trglen***	r/w
recstart	start data recorder		w
recstop	stop data recorder		w
recast	Autostart data recorder	starts with the next set-command 0 – off default: 0 1 – on	r/w
recsrc3	data recorder data source	recsrc,source1,source2,source3 see 10.5 Datenrecorder	r/w
recstr	stride / step width recording all recstr *20µs	1 to 2^{32}-2	r/w
recwridx	current write index	to determine the current write position after the manual stop	r
recrdidx3	set selection index	0 to reclen	r/w
recrd	reads incrementally the buffer out	channel 0 to 3,optionally: number of the values 1 to reclen	r
reclen	length of the records in samples	1 to 500000 samples per channel	r/w

table 3: commands channel depended

Example of command use:

An actuator with 80µm displacement in closed loop should have a swing of 5Hz in rectangle mode from 20µm to 50µm. The actuator is plugged into channel 2 (amplifier 3) --> right position. It should stay on 20µm for 50ms and on 50µm for 150ms. The value from measurement system is then sent to the monitor output.

commands:

- cl,2,1 *Enter*	closed loop amplifier 3 on
- gfkt,2,3 *Enter*	generator function rectangle
- gfrec,2,5 *Enter*	frequency rectangle = 1 / (50ms+150ms) = 5Hz
- garec,2,37.5 *Enter*	amplitude rectangle = (50µm – 20µm) / 80µm * 100% = 37.5%
- gorec,2,25 *Enter*	offset rectangle = 20µm / 80µm * 100 % = 25 %
- gsrec,2,25 *Enter*	symmetry rectangle = 50ms / (50ms + 150ms) * 100% = 25%
- monsrc,2,0 *Enter*	set monitor source to position value in closed loop

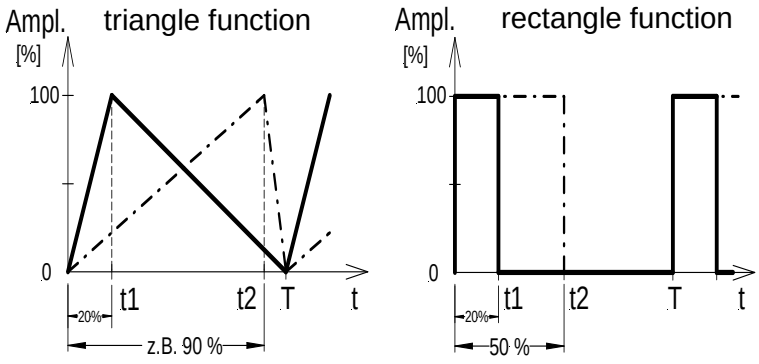
10.3. function generator

Each amplifier channel in the system contains its own function generator that is able to perform multiple functions. The function generator can be programmed by using the commands detailed above. The following functions can be executed:

function type 0 = off	Sine 1	Triangle 2	Rectangle 3	Noise 4	Sweep 5
amplitude 0 to 100%	√	√	√	√	√
offset 0 to 100%	√	√	√	√	√
frequency 0.1 to 10000Hz	√	√	√	-	-
sweep time 0.4 to 800sec/dec	-	-	-	-	√
duty cycle 0.1 to 99.9%	-	√	√	-	-

table 4: function generator

The symmetry of a signal describes, in the case of the triangular function, the ratio of rise time t to time period T.
Based on this, a variation can be introduced between a fast increase and a slow decrease as well as a slow increase and a fast decrease of the function. By using the rectangular function, the duty cycle of high signal in relation to time of a period is described.



sketch 5: symmetry

10.3.1. sweep generator

The generator works as sinus generator logarithmic in the range of 1Hz to 10kHz. The wobble time is adjustable between 1 and 1000s. The synchronization markers are adjustable. These markers are exported on the trigger output by analog connectors as L/H signals.

The wobble generator has the following adjustable parameters:

grun,0,0,0	switch off the function generator	
gaswe,channel,value	0 to 100% amplitude	
goswe,channel,value	0 to 100% offset	
gsswe,channel,value	1 to 10000Hz start frequency	
geswe,channel,value	1 <= gsswe < geswe <= 10000Hz	
gtswe,channel,value	1 to 1000s	
gcswe,channel,value	0 to 2^{32}-2	0 = permanent
gmswe,channel,value	1 to 10000Hz start marker L/H	
gnswe,channel,value	1 to 10000Hz end marker H/L	

The next image shows an example for a wobble function:

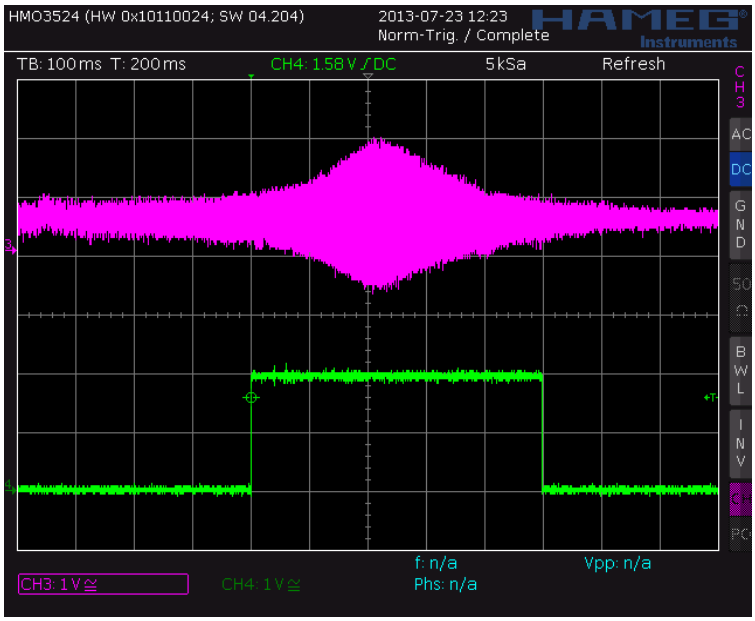


Image 6: wobble function

The following parameters were adjusted:

grun,0	switch off function generator channel 1
gaswe,0,1	1% amplitude
goswe,0,1	1% offset
gsswe,0,300	300Hz starting frequency
geswe,0,400	400Hz end frequency
gtswe,0,5	5s wobble length
gcswe,0,1	1 cyclus
gmswe,0,320	320Hz start marker
gnswe,0,380	380Hz end marker
grun,0,1	start generator channel 1

Caution: Do not activate trigger function in sweep mode (trgedge = 0).

10.3.2. arbitrary generator

The arbitrary generator is loaded from a file, which must be saved on an internal SD-card. There is an active file, which can be used of all three channels of the ***d-Drive^{pro}***. If all three channels should output direct functions, then the file has to contain them. One different start and end index per channel can be specified, which chooses the different functions in the file. The parameters are listed in table 3 (on page 58).

For saving the generated file on the device, it has to be connected with the PC via USB. The SD-card is shown in the explorer as a removable medium in Windows. In the folder \wav_gen, the self-generated text file can be saved. There are example files which can be used for the initial test.

The text file consists of samples, separated by CRLF. There is a storage region of 1000002 values (divisible by 1, 2 or 3). In this range various functions can be saved (set value). The three channels can read out the storage region independent of one another. One sample represents the set value in [%] at the respective time and is exactly 20µs long. The parameter ***gtarb,value*** is a multiplier for the sample time. The file name and the ending are variable.

For loading of the file in the arbitrary generator the command garbload,wav_gen\<file name> is used. The loading process is displayed by the cyclic output „< percent , xx%“. The process is finished by pressing “OK”.

Before starting the generator the following parameters have to be adjusted:

gfkt,channel,0	switch off the function generator
gsarb,channel,value	0 to 1000002 (less than the number of samples in the file)
gearb,channel,value	0 to 1000002 (greater than ***gsarb***)
gcarb,channel,value	0 to (2^{32}-2) number of the exported periods (default: 0 = permanent)
goarb,channel,value	0 to (gearb - gsarb), states, the offset of the samples where the output should start related to the starting index
gtarb,channel,value	0 and 1 divide by 1; 2 divide by 2 ...

The output rate results from: 1/(20µs*(gtarb + 1)) in [Sa/s]

Example for the use of the arbitrary generator:

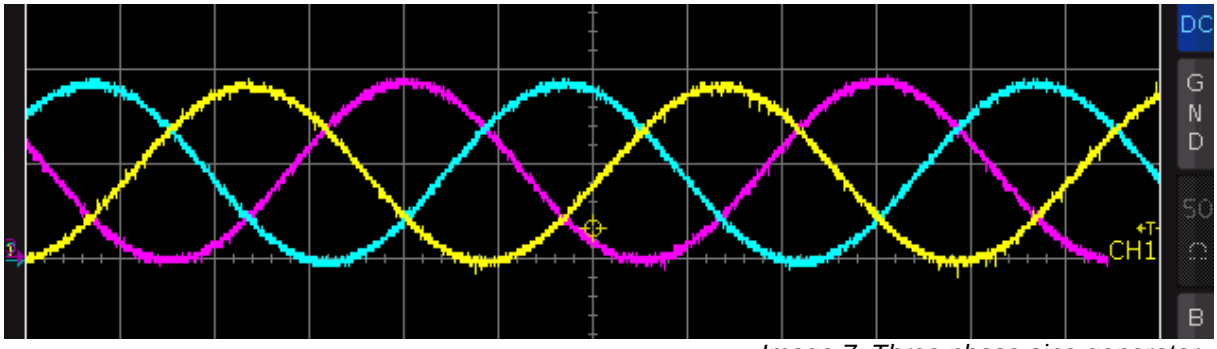


Image 7: Three phase sine generator

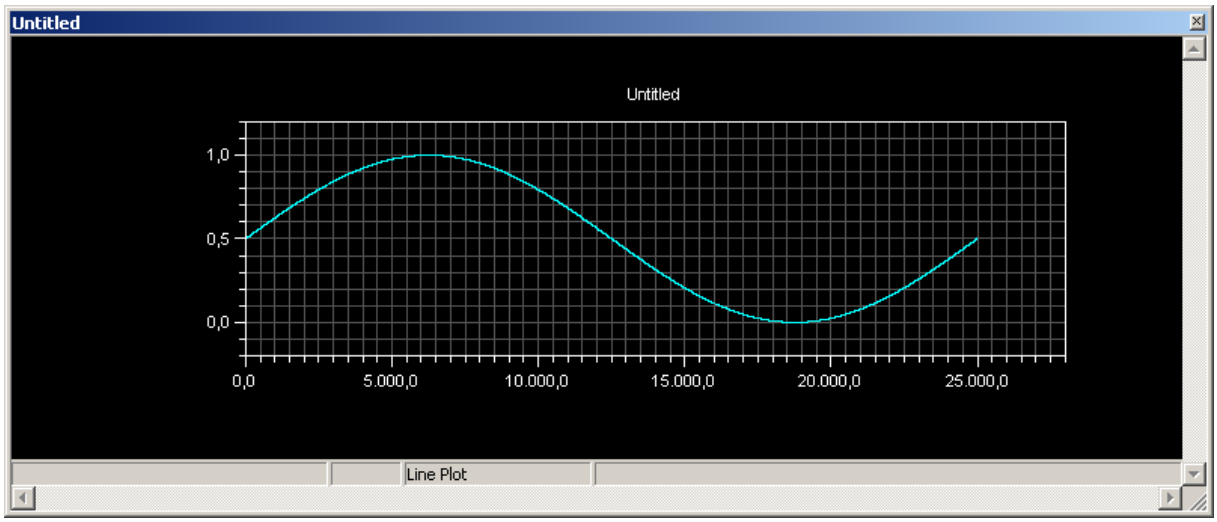


Image 8: Index 0 to 25000 in the arbitrary storage (1 period)

The initialization of the three independent generators works with the use of the common storage:

grun,0,0,0	stops all three generators
gsarb,0,0	start index 0
gearb,0,24999	end index 24999
gcarb,0,0	permanent export
goarb,0,0	offset index 0 = 0°
gtarb,0,0	1 / (20µs / (gtarb + 1)) = 50000 [Sa/s]
gsarb,1,0	start index 0
gearb,1,24999	end index 24999
gcarb,1,0	permanent output
goarb,1,8333	offset index 8333 = 120°
gtarb,1,0	50000 [Sa/s]
gsarb,2,0	start index 0
gearb,2,24999	end index 24999
gcarb,2,0	permanent export
goarb,2,16666	offset index 16666 = 240°
gtarb,2,0	50000 [Sa/s]
grun,1,1,1	starts synchronously all three generators

The period frequency of 2 Hz results of a sample length of 25000 Sa and a sample rate of 50000 Sa/s.

You can find more examples on our homepage.

10.3.3. vector generator

The vector generator has three internal buffers, which are permanently assigned to one channel. They consist of the target points of the exported curve (in 0 to 100%) and the corresponding operating time in seconds. The smallest time unit is 0.00002s and its multiple. The pair of values are in text file. The used file must be loaded in the buffer of the ***d-Drive^{pro}*** using the command ***gvecload.*** The parameters for this are listed in table 3.
For saving the generated file on the device, it has to be connected with the PC via USB. The SD-card is shown as a removable medium in Windows in the explorer. In the folder \wav_gen\, the self-generated text file can be saved. There are already some example files, which can be used for the first test.
For the loading of the file in the vector generator, the command gvecload,channel,path\file name is used. The loading process is displayed by the cyclic output „< percent , xx%“. The process is finished by pressing “OK”.

Before starting the generator the following parameters have to be adjusted:

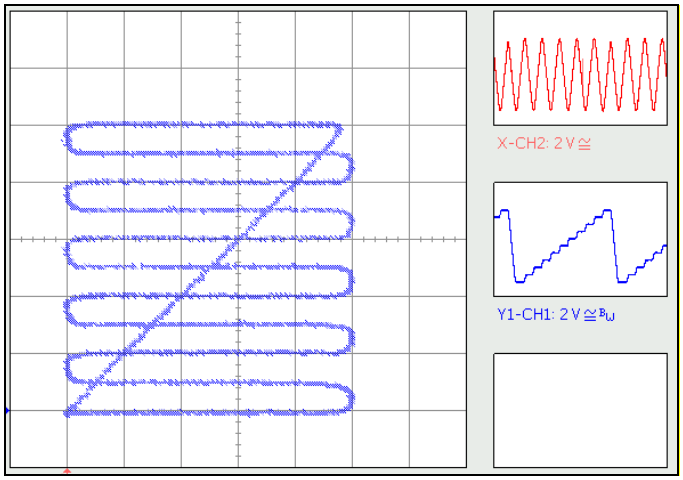
grun,0,0,0	switch off the function generator
gvecload,channel,path\file name	load the file in an internal buffer
gfkt,channel,7	switch on the vector generator of the particular channel
grun,channel1,channel2,channel3	starts the activated channels synchronously

Example for a 2D-Scan with vector generator:

The following files are used:
channel 1: „scanxy_x2.txt“
channel 2: “scanxy_y2.txt”

These commands are used for the initialization:

grun,0,0,0	stop all generators
gvecload,0,wav_gen\ scanxy_x2.txt	the data is loaded into the buffer from channel 1
gvecload,1,wav_gen\ scanxy_y2.txt	the data is loaded into the buffer from channel 2
gcvec,0,0	generator works permanently
gcvec,1,0	generator works permanently
gfkt,0,7	switch on the vector generator for channel 1
gfkt,1,7	switch on the vector generator for channel 2
grun,1,1,0	starts the generator synchronously



sketch 9: xy-plot of an 2D-scan

10.4. output of trigger signals

Trigger signals allow us to get an electrical signal when a position is reached or crossed. The trigger points refer to the measured value (stroke or tilt). The trigger is low-active, i.e. a high/low edge shows that you have reached a trigger point.
The active stroke/tilt-range for trigger generation is given by “trgss” (start (lower) position) and “trgse” (end (upper) position). The interval between the trigger points is given by “trgsi”. It is possible to get trigger signals at the rising edge (trgedge,channel,1), the falling edge (trgedge,channel,2) or both edges (trgedge,channel,3). To disable the trigger generation set trgedge,channel,0.
The measurement unit for trgss, trgse, trgsi is the actuator specific unit (e.g. µm or mrad), the length of a trigger signal can be set to multiples of 20 µs (standard is 1*20 µs).
Take care that is there no overlap between two trigger impulses. If this occurs, you must minimize the length of the impulses (trglen,channel,1), or decrease the movement speed of the actuator.
Furthermore, you must be sure that the trigger range (between trgss and trgse) passes through plus 0.2% of the total stroke, otherwise no trigger will be generated because no change between the rising and falling edges will be detected.

Caution: Do not activate trigger function in sweep mode.

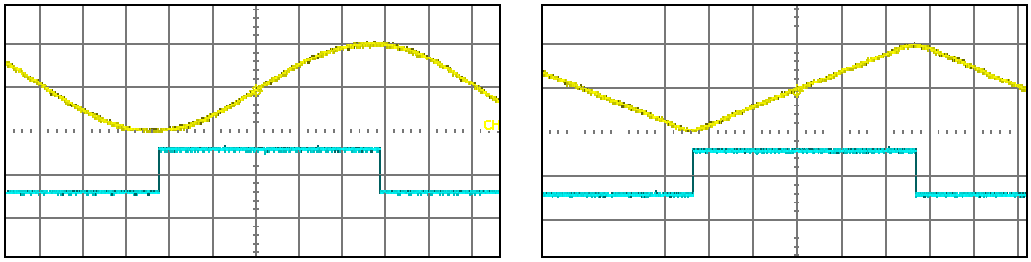
Example (trgedge = 1 to 3):

An actuator with a closed loop stroke of 80 microns is used as follows: rising edge (***trgedge,channel,1***), start point 10 microns (***trgss,channel,10***) end point (***trgse,channel,30***) and interval 5 microns (***trgsi,channel,5***), i.e. trigger points are at 10, 15, 20, 25, 30 microns. After reaching Position 10 microns (from a lower position; rising edge!) the trigger is set and the next trigger point will be calculated (15 microns), the trigger output will be reset after n*20 µs (***trglen,channel,n***) and the trigger function is waiting to reach the next trigger position (15 microns) and so on. After reaching the 30 microns position, the next Trigger position is set to 10 microns, the trigger impulse will be generated when the 10 microns position is reached from a lower position than 10 microns (rising edge).

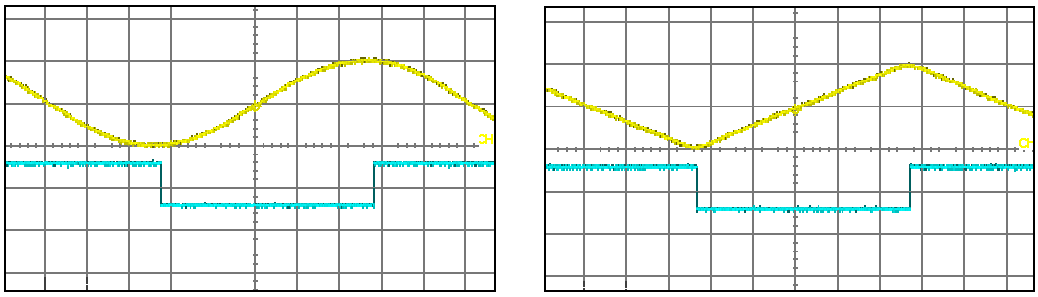
10.4.1. extended trigger functions

trgedge = 4 / 5 / 7:

trgedge,channel,4: put out a trigger at each reversal of motion
trgedge,channel,5: the output is related to trgedge,channel,4 inverted. No parameters are needed.
trgedge,channel,7: A short trigger signal of n * 20µs at each reversal motion is generated (parameter n: trglen).



sketch 10: trgedge = 4



sketch 11: trgedge = 5

10.4.2. edge detecting

The recognition of edges works as follows:
During the rising edge, the highest measurement value (position) will be stored. If there is a decrease in the measurement value of more than 0.2% (of total stroke) under the stored value, a falling edge will be recognized. During the falling edge, the lowest measurement value (position) will be stored.
If there is an increase in the measurement value of more than 0.2% (of total stroke) over the stored value, a rising edge will be recognized.
This principle depends on whether or not ***trgss*** and ***trgse*** are bordered by a working area that crosses at least 0.2% (of total stroke) out of the borders.

command	description	value range
trgss	**lower trigger position** this is the lowest value where a trigger signal is generated	unit micron or mrad
trgse	upper trigger position**:** this is the highest value where a trigger signal is generated	unit micron or mrad
trgsi	trigger interval: this is the distance between the trigger points	unit micron or mrad
trglen	trigger length: this values depends on the duration of a trigger impulse	(n*20 µs n=1 to 255)
trgedge	trigger edge: this value depends on which direction the trigger point must be reached for trigger generation	0: trigger disabled 1: trigger at rising edge 2: trigger at falling edge 3: trigger at both edges
trgedge	trigger edge: The level changes at the trigger output, if an inversion of the direction occurs	0: trigger disabled 4: not inverting 5: inverting 7: like 4 with trglen

table 5: parameters of trigger

10.5. data recorder

The data recorder is a 3-channel recording device, which writes cyclical selected values in a data buffer every 20µs. These three channels run synchronously. Maximal 500000 values can be recorded per channel. This corresponds to a recording time of 10s at 50kS/s. Each channel of the data recorder can be connected with a data source (see below).
! Please note: These channels are not to be confused with the amplifier channels.
The following sources are selectable:

command	**parameter**	**data source** (see 10.2 commands in ON-mode)
recsrc	0	pos (channel1)
	1	pos (channel2)
	2	pos (channel3)
	3	mod (channel1)
	4	mod (channel2)
	5	mod (channel3)
	6	upa (channel1)
	7	upananoX (channel1)
	8	upa (channel2)
	9	upananoX (channel2)
	10	upa (channel3)
	11	upananoX (channel3)
	12	ipa (channel1)
	13	ipananoX (channel1)
	14	ipa (channel2)
	15	ipananoX (channel2)
	16	ipa (channel3)
	17	ipananoX (channel3)
	18	stell (channel1)
	19	stell (channel2)
	20	stell (channel3)
	22	soll (channel1)
	23	soll (channel2)
	24	soll (channel3)
	26	set value (channel1)
	27	set value (channel2)
	28	set value (channel3)
	30	error value (channel1)
	31	error value (channel2)
	32	error value (channel3)
	34	monitor voltage (channel1)
	35	monitor voltage (channel2)
	36	monitor voltage (channel3)

table 6: data recorder

After the selection of the data sources ***recsrc,offset*** (at least one has to be selected) the number of the desired samples per channel is adjustable with ***reclen,number***. For the reduction of the number of values to read out can be also recorded in longer intervals n*20µs (recstr*20µs) ***recstr,Teiler*** = 1 to 2^{23}-2.
The recorder can be started per command (***recstart***). For the recording of bounds respectively control behavior the auto boot can be activated ***recast,1.*** The ***recording*** begins automatically after the next sent ***set***-command. The recording ends, if the set number of values in ***reclen*** was

recorded. Alternatively the recording can be canceled with ***recstop***. The current writing position is readable simultaneously for all three recording channels with ***recwridx3***.

Read-out procedure:
Before reading, read pointer are set: ***recrdidx,idx_1,idx_2,idx_3*** (0 to reclen-1), channels not used are indicated with 0. The reading index can be set arbitrarily in the buffer. The output occurs with the command ***recrd,*** which has different modi:

recrd,channel return incrementally three samples of the selected channel
recrd,channel,number output of the selected number of samples (multiple of 3 rounded up)
recrd,3,number output of n value triple (channel1, channel2, channel3)

11. status register

The status register is a 32bit register, in which each bit describes different properties of the three amplifiers or actuators. The command for reading the register is ***status***:

bit	**description** (true = 1)
0	date is set
1	time is set
2	actuator 1 is connected
3	actuator 1 has a measurement system
4	actuator 1 is a nanoX actuator
5	actuator 1 is closed loop (CL)
6	actuator 1 arbitrary file is loaded
7	actuator 1 generator runs
8	actuator 1 data recorder runs
9	actuator 1 softstart runs
10	actuator 2 is connected
11	actuator 2 has a measurement system
12	actuator 2 is a nanoX actuator
13	actuator 2 is closed loop (CL)
14	actuator 2 arbitrary file is loaded
15	actuator 2 generator runs
16	actuator 2 data recorder runs
17	actuator 2 softstart runs
18	actuator 3 is connected
19	actuator 3 has a measurement system
20	actuator 3 is a nanoX actuator
21	actuator 3 is closed loop (CL)
22	actuator 3 arbitrary file is loaded
23	actuator 3 generator runs
24	actuator 3 data recorder runs
25	actuator 3 softstart runs
26,27,28	not used, static low
29	device in ON-mode and runs
30	device in boot-mode during bit 29 is low
31	device in Standby-mode

table 7: status register

12. configuration register

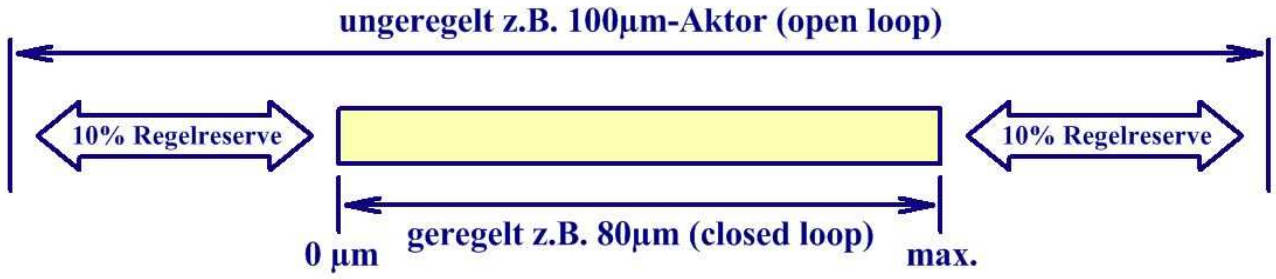
The configuration register is a 16bit register. The single bits describe the different settings of the device. Read out the register with the command ***config***:

bit	Description
0	device sends date and time every minute
1	device needs time input after reset
2	time format: 0 = GE, 1 = US
3	number format: 0 = floating point, 1 = scientific
4	auto Power ON
5	output format of status and error in hex
6	global soft start
7	dprp active
8-13	not used
14	internal used, static 1
15	internal used, static 0

table 8: configuration register

13. handling

The actuator is connected to the “PIEZO” plug. The “ANALOG” plug offers an analog interface to control the amplifier using a voltage between 0 and +10 V. Please remove any analog input voltage from the amplifier before you turn the system on or off to avoid damage (***modon,channal,0***).
After switching on, the red status LED displays the initialization sequence of the function groups for the device. During this time all amplifiers transfer their stored specific values (DSP parameter) and the specific actuator values (read out from the ID chip of the connected actuator) to the main controller. The amplifier channels without a connected actuator will continue to blink.
The actuator is below the control range on the negative point of the whole travel range (position on the left, see image 3). Pressing the OL/CL button the device is now in closed loop mode, the actuator moves on the zero position of the control range (position „0µm“). The actuator can execute jumps depending on independent the adjusted position. If the max closed loop position is adjusted per set-command, then the max controlled travel range (position “max) is reached. The travel range depends on the specifications of the actuator and can vary according to the actuator type.



sketch 12: open loop / closed loop

The blinking OL/CL-LED shows an overload or underload. Please try to avoid this. When an external analog voltage is applied, try to decrease or remove it. If the LEDs is still blinking, check the connection between the amplifier and actuator. Additionally, a mechanical blocking or overload of the actuator can prevent actuators from reaching their position. If none of the described troubleshooting has worked, turn off the system and contact our support team. Please do not

continue working after your actuator has been damaged.

The values of calibration are valid only for a specified assembly configuration. Any change in the assembly configuration can cause the modes OVL or UDL. Please provide us with your assembly configuration in advance.

14. controller adjustment

When any actuator made by ***piezosystem jena*** is connected to the ***d-Drive^{pro}***, their specific values are read from the actuator's ID-chip. The Digital Signal Processor (DSP) of the device is set with these values automatically. These parameters were investigated in the ***piezosystem jena*** laboratory and ensure safe function of the actuator.

There are no kp-, ki- and kd-values for actuators without a measurement system because the closed loop mode is impossible in this configuration. Closed loop is automatically switched off.

To adapt the controller properties to your special application, please start with the default values. First turn on the closed loop mode by pressing the OL/CL-button. Change one parameter step by step and check the result with the oscilloscope on the "ANALOG" socket of the pertaining amplifier. You must install the monitoring output to **Upos/OL** with the ***monsrc*** command.

In general, change the parameters in small steps and, depending on the actuator's reaction, slightly increase the step width. If the system begins to oscillate, switch off the closed loop immediately by pressing the OL/CL-button of the pertaining amplifier, then reset the last values entered!

First check the function of the notch filter. The notch filter is switched off as our factory standard setting. If the application has a new weight or special setups are given, the resonant frequency of the whole system will change (bigger mass = lower resonant frequency).
The sweep function of the internal function generator can be used to determine the resonant frequency. Please read 10.3.1 sweep generator. Set the amplitude to 5%, the offset to 0%, and the sweep time to 1 (1 sec/decade). Set the amplifier to open loop ("OL/CL" LED lights green). With the MOD/MON cable (MON plug) you can connect the oscilloscope to the ANALOG socket of the amplifier. The following adjustments on the oscilloscope are required: store function, time base = 0.5 sec/div, and input voltage = 0.1 V/div. The display shows the response of the actuator measured by the integrated measurement system. Before the measured curve swings out, there is a position where the amplitude is 0 Volts. This is the adjusted notch frequency. At the resonant frequency, the measured curve goes very high. At this point you have to adjust the notch frequency to the resonant frequency to linearize the curve. Using the notch filter might increase noise.

The correct ki-value is determined as follows:
In the function generator set rectangle to 1 Hz, amplitude to about 50%, and offset to 25%. Please set the monitoring output to **Upos/CL** with the ***monsrc*** command. The following adjustments on the oscilloscope are required: store function, time base=0.05 sec/div, and input voltage=1 V/div. Set the amplifier to closed loop (OL/CL-LED lights red). The oscilloscope display shows the step response of the actuator measured by the integrated measurement system. If the slew rate is too low, please increase the ki-value. The overswing after the rise time should be smaller than 1% of the total step.

In these adjustments, the actuator system can begin to oscillate in resonant frequency. Please switch off the closed loop immediately by pressing OL/CL-button of the concerned amplifier. Then reset the last values entered! Continuous use at resonance can damage the actuator!

Now you can try to increase the slew rate**,** as long as no oscillation or large overshooting occurs.

With the filter type **lpass** the settling curve can be settle down (reducing tpass = swinging settle down). However a lower low pass frequency increases the time delay between set and position value.

15. troubleshooting

Please check all cables and connections first if the system is not working properly.

error	**possible solution**
no reaction at switch on	Check the power cord. Check whether the main switch on the back side is on. In the main switch there are two fuses. Remove the power cord from your device and check the fuses. If one is damaged please replace, only using fuses of the same value.
OL/CL-LED is blinking	Check the connection between actuator and amplifier. Check the actuator cable for damage.
OL/CL-LED is blinking in closed loop mode	The actuator is not able to reach the commanded position. Check the modulation input and offset. Check your actuator for mechanical blocking. Check whether your actuators move properly in open loop mode.
actuator oscillates in resonant frequency in closed loop	Check the PID-controller adjustments, reduce the ki-value, Reduce the kd-value. Check whether the function generator is still working.
read back parameters always deviate with the same level from the digital target value	Please switch off the analog modulation input when it's not used. Command: *modon,channel,0*. External signals can cause interference or a command value offset.
actuator does not move in spite of the applied analog modulation signal on the MOD input	Please switch on the analog modulation input by using command *modon,channel,1*.

table 9: errors

15.1. error register

The error register is an 8bit register. Each bit describes different error. Once error has occurred the error register changes and error message will be issued via interface.

"error,value" CR LF.

bit	Description
0	actuator 1 is in overload
1	actuator 1 is in underload
2	actuator 2 is in overload
3	actuator 2 is in underload
4	actuator 3 is in overload
5	actuator 3 is in underload
6,7	not used, static 0

table 10: error register

15.2. command error register

The command error register is a 16bit register, where each single bit describes a different error. If an error occurs the register change and an automatic error message will send to the computer:

bit	Description
0	command to long
1	parameter to long
2	to many parameters
3	command not found
4	false count of parameters
5	false parameter
6	command line to long
7	internal used
8	internal used
9	empty command
10	false channel used
11	file not found
12	internal used
13	false device
14	false date format
15	false time format

table 11: command error register

16. technical data *d-Drive*^{pro}

main device	
Operating voltage	90 to 240 VAC / 50 to 60 Hz
Input current	typ. 2,4A @ 115V typ. 1,2A @ 230V
Power consumption	max. 175W (full load)
Standby current	<1mA
Power On - LED	green blinking = Standby green = ON
Status - LED	orange = busy green = ready
Primary fuses	2x 6,3A slow blow / 250V 5x20mm
Power connector	IEC-60320 C13
Safety functions	short circuit proof, temperature fuse
Features	Standby, active cooling, auto power on
operating temperature	max. 35°C / 98F
operating humidity	max. 90% RH, non-condensing
Channels	
channels	3
output voltage *	-20 to +130V (+130V to +20V for nanoX ™- actuators)
output current (continuous) *	120mA (2x 60mA nanoX ™- actuators) (optional: one channel 300mA)
output noise	<0,15mV$_{RMS}$
actuator / measurement connector *	DSUB plug 15pin
possible position sensors	strain gage, capacitive (user specific sensors adaptable)
modulation input *	0 to +10V (disconnectable)
modulation input impedance	25kΩ
monitor output *	0 to +10V (signal source programmable)
monitor output impedance	50Ω
Triggereingang*	0V/3.3V (input resistance 1.5kΩ)
trigger output (low active) *	0V/5V (output current ±25mA)

MOD/MON/TRG connector *	DSUB receptacle 9pin
controller architecture*	PID free programmable
OL/CL-LED*	green = ready for use / open loop yellow = closed loop yellow blinking = overload / underload
features*	slew rate, notch filter, low pass, trigger-I/O, ASI, ASC, integrated function generator, over temperature protection, short circuit proved
Interface	
types	RS232, USB, Ethernet (optional CAN, RS485, RS422)
resolution	24bit
baud rate	115200baud
Housing	
dimensions (W/H/D) [mm]	450/105/380
units	84TE 2HE
Weight [kg]	5
specifics	active cooling
alternative mounting	assembly bracket

table 12: technical data

17. pinning

ANALOG: SUB-D socket 9pin

pin	designation	description
1	MON+	monitor output 0 to +10V
2	MON-	signal ground
4	MOD+	modulation input 0 to +10V
5	MOD-	signal ground
7	TRG_OUT	trigger output (low-active)
8	DGND	digital ground trigger
9	TRG_IN*	trigger in

table 13: pinning ANALOG

PIEZO: SUB-D plug 15pin

pin	designation	description
1,2,11	AGND	analog ground
3	+15V *	operating voltage measurement +15V
4,14	GND	digital ground
5	SDA	I²C-Bus SDA
6	5Veeprom *	operating voltage ID-Chip
7	Vout2	actuator voltage 2 +130 to -20V for nanoX™
8	Vout	actuator voltage -20 to +130V
9	+MESS	position signal -8 to +8V
10	-15V *	operating voltage measurement -15V
12	SCL	I²C-Bus SCL
13	DETECT	actuator detection
15	Piezomasse	actuator ground

[*] Not for external use

table 14: pinning PIEZO

The actuator is connected to this plug. The actuator voltage goes to the piezo, the position signal from the measurement system goes to the DSP, and the integrated actuator information is stored on an ID-chip which goes to the main controller. It is important that the locking screws are screwed into the front panel.

RS232: SUB-D socket 9pin

Pin	Designation	description
2	TxD	RS232 transceiver
3	RxD	RS232 receiver
5	GND	RS232 ground

table 15: pinning RS232

USB 1.1: plug Series A

Pin	Designation	description
1	VCC	operating voltage +5V
2	D-	data -
3	D+	data +
4	GND	operating voltage Ground

table 16: pinning USB

18. important information

The device is calibrated at the factory. The actuators with an integrated measurement system are calibrated and have an ID chip, which store all actuator specifications. These will be transfer to the amplifier, when powered on.

For high precision positioning with nm-resolution, you must warm up the amplifier 2 hours before use. A constant temperature is beneficial. Consider that a variation of 5 Kelvin results in an elongation of 13 micron in steel with a length of 200 mm. The best results for resolution and accuracy can only be achieved by setting the digital target values. Therefore, please switch off the analog modulation input when it's not being used.

Equipment customization makes adaptations, according customer preferences, which are possible in terms of the technical threshold values, e.g. the main voltage or the output voltage. Please contact our technical service department in order to find out the possibilities for your specific application. Special adaptations must be paid for by the customer.

19. your notes